

Ensino Orientado para a Aprendizagem por Investigação na temática da membrana celular no 10.º ano de escolaridade: exploração de simuladores

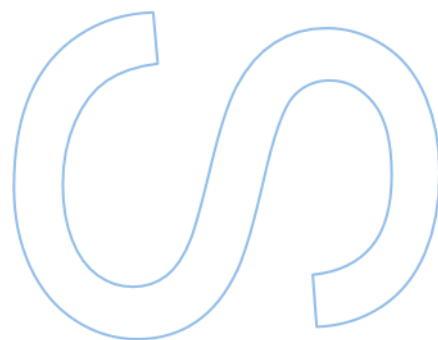
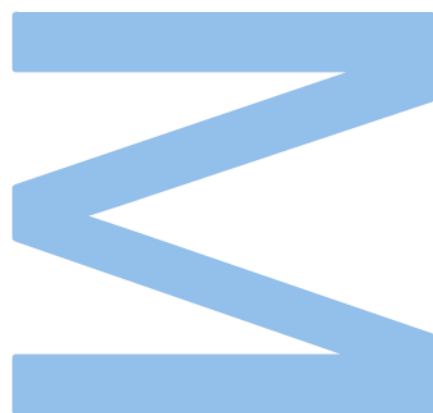
Helena Gonçalves Soro Pires

Mestrado em Ensino de Biologia e de Geologia no 3.º Ciclo
do Ensino Básico e no Ensino Secundário

Unidade de Ensino das Ciências

Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

2024



Ensino Orientado para a Aprendizagem por Investigação na temática da membrana celular no 10.º ano de escolaridade: exploração de simuladores

Helena Gonçalves Soro Pires

Relatório de Estágio realizado no âmbito do Mestrado em
Ensino de Biologia e de Geologia no 3.º Ciclo do Ensino
Básico e no Ensino Secundário
Unidade de Ensino das Ciências
2024

Orientador

Professora Doutora Gina P. Correia, Professora Auxiliar
Convidada, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto



Agradecimentos

À Professora Doutora Gina P. Correia pela sua orientação e pela disponibilidade e interesse demonstrados durante todo o decorrer do estágio. Agradeço a ajuda e o impulso para me tornar cada vez mais e melhor.

À professora cooperante, por ter partilhado comigo os seus alunos, pela confiança que depositou em mim no decorrer do estágio e pela sua partilha de conhecimentos e experiência durante este primeiro contacto com o que será a minha profissão.

Aos meus alunos, os primeiros a quem tive o privilégio de ensinar, com quem também aprendi muito. Obrigada pelas partilhas diárias e por me terem recebido de braços abertos.

Aos meus amigos, a todos os que já tive e a todos os que tenho, deixaram um bocadinho de vocês em mim. Obrigada, sobretudo aos amigos que escolheram ficar. Aos que marcaram o coração e aos que são casa, onde quer que estejamos. Agradeço-vos todos os momentos bons e menos bom que partilhamos, cada lágrima e cada sorriso. Agradeço a força que sempre me deram e o apoio que são, dia após dia.

Aos meus pais, por todas as oportunidades que me proporcionaram e por lutarem sempre pelo e para o melhor para mim. Espero, um dia, orgulhar-vos e retribuir-vos tudo o que fizeram por mim.

Aos meus avós e à minha madrinha. Obrigada por tanto. Obrigada por nunca falharem, por estarem sempre lá, sempre presentes. São modelos a seguir. Agradeço o amor e carinho, tão característico de casa.

Resumo

O século XXI distingue-se pela intensa proliferação tecnológica e rápida evolução do conhecimento científico. Neste contexto, torna-se imperativo formar cidadãos dotados de pensamento crítico, capacidade de resolução de problemas e autonomia, entre outras competências essenciais. As escolas desempenham uma ação primordial no desenvolvimento destas competências, contribuindo assim para a formação de indivíduos aptos e capazes de desempenhar um papel ativo na sociedade.

O Ensino Orientado para a Aprendizagem por Investigação emerge como uma metodologia de ensino ativa que fomenta o desenvolvimento integral dos alunos, particularmente nas suas competências investigativas e sócio afetivas.

O presente estudo teve como objetivo avaliar em que medida a utilização de simuladores virtuais articulada com a metodologia de Ensino Orientado para a Aprendizagem por Investigação promove a aprendizagem de conteúdos sobre a membrana celular e o desenvolvimento de competências do século XXI. A investigação foi implementada numa escola básica e secundária do Porto, envolvendo uma amostra de 19 alunos do 10.º ano de escolaridade do curso de Ciências e Tecnologias. Para a recolha de dados recorreu-se a uma grelha de observação individual, a fichas de trabalho antes e após a intervenção, a um mapa de conceitos e a um *snapshot*, combinando métodos de cariz quantitativo e qualitativo. Os resultados obtidos indicaram que a metodologia de ensino empregue foi eficaz no desenvolvimento de conhecimentos por parte dos alunos. Além disso, durante a implementação deste estudo, os alunos demonstraram empenho, participação ativa e autonomia.

Este estudo oferece indiciadores favoráveis à eficácia da integração de simuladores virtuais no Ensino Orientado para a Aprendizagem por Investigação, pelo interesse que desperta nos alunos. Contudo, para um desenvolvimento contínuo de competências do século XXI nos alunos, é fundamental proporcionar-lhes um contacto mais frequente com atividades de natureza prática experimental e laboratorial.

Palavras-chave: Metodologias de Ensino Ativas, Investigação-Ação, Simuladores Virtuais, Ensino da Biologia, Biologia Celular

Abstract

The 21st century is characterised by intense technological proliferation and the rapid evolution of scientific knowledge. In this context, it is imperative to train citizens with critical thinking, problem-solving skills and autonomy, among other essential competences. Schools play a key role in developing these competences, thus contributing to the formation of individuals who are capable of playing an active role in society.

Inquiry-orientated teaching emerges as an active teaching methodology that fosters students' all-round development, particularly in their investigative and socio-affective skills.

The aim of this study was to assess the extent to which the use of virtual simulators combined with the methodology of inquiry-orientated teaching promotes the learning of content about the cell membrane and the development of 21st century skills. The research was carried out in a primary and secondary school in Porto, involving a sample of 19 students from the 10th year of the Science and Technology programme. Data was collected using an individual observation grid, worksheets before and after the intervention, a concept map and a snapshot, combining quantitative and qualitative methods. The results obtained indicated that the teaching methodology employed was effective in developing the students' knowledge. In addition, during the implementation of this study, the students showed commitment, active participation and autonomy.

This study offers favourable indications of the effectiveness of integrating virtual simulators into inquiry-oriented teaching, due to the interest they arouse in students. However, in order to continuously develop 21st century skills in students, it is essential to provide them with more frequent contact with practical experimental and laboratory activities.

Keywords: Active Teaching Methodologies, Action Research, Virtual Simulators, Biology Teaching, Cell Biology

Índice

Lista de Tabelas	vi
Lista de Figuras	vii
Lista de Abreviaturas	viii
1. Introdução.....	1
1.1. Contextualização da investigação	1
1.2. Problemas e objetivos de investigação.....	3
1.3. Contextualização curricular	4
1.4. Organização do relatório de estágio	5
2. Enquadramento Teórico	6
2.1. Ensino Orientado para a Aprendizagem por Investigação	6
2.2. A utilização de simuladores no Ensino das Ciências	9
2.3. O Ensino da Biologia	10
3. Intervenção Pedagógica	11
3.1. Planificação	11
3.2. Caracterização das aulas	13
4. Metodologia de investigação.....	16
4.1. Investigação-Ação.....	17
4.2. Caracterização da amostra.....	20
4.3. Técnicas e instrumentos de recolha de dados.....	20
4.4. Validade e fidelidade dos instrumentos de recolha de dados	23
4.5. Questões de ética	24
5. Resultados e Discussão	24
5.1. Grelha de observação individual	25
5.2. Ficha de trabalho (pré-teste)	26
5.3. Ficha de trabalho (pós-teste).....	28
5.4. Análise comparativa das fichas de trabalho.....	29
5.5. Mapa de Conceitos	31

5.6. <i>Snapshot</i>	32
6. Conclusões	34
6.1. Conclusões gerais	35
6.2. Limitações e sugestões para investigações futuras	35
6.3. Contributos do estudo para o desenvolvimento profissional	36
Referências Bibliográficas	39
Apêndices	50
Apêndice 1. Planificação do PI	51
Apêndice 2. Documentos explicativos dos simuladores	56
Apêndice 3. Grelha de Observação Individual	58
Apêndice 4. Ficha de trabalho	60
Apêndice 5. Mapa de Conceitos	63
Apêndice 6. <i>Snapshot</i>	64
Apêndice 7. Documento <i>PowerPoint</i>	65
Apêndice 8. Critérios de correção da ficha de trabalho	72
Apêndice 9. Critérios de correção do mapa de conceitos	73
Apêndice 10. Consentimento informado	74
Apêndice 11. Assentimento informado	75
Apêndice 12. Parecer da Comissão de Ética	76
Apêndice 13. Resultados das grelhas de observação individual	77
Apêndice 14. Resultados da ficha de trabalho (pré-teste)	79
Apêndice 15. Resultados da ficha de trabalho (pós-teste)	80
Apêndice 16. Resultados dos mapas de conceitos	81
Apêndice 17. Dados recolhidos dos <i>snapshots</i>	82

Lista de Tabelas

Tabela 1. Objetivos científicos, educacionais e profissionais do Plano de Intervenção.	4
Tabela 2. Aprendizagens essenciais a serem desenvolvidas no Plano de Intervenção. Adaptado de Direção-Geral da Educação (DGE, 2018, p.9).	4
Tabela 3. Principais etapas do Ensino Orientado para a Aprendizagem por Investigação. Adaptado de Pedaste et al. (2015, p. 51).	7
Tabela 4. Tipos de investigação utilizados em contexto sala de aula e mediação fornecida aos alunos pelo professor. Adaptado de Fitzgerald (2019, p. 544).	7
Tabela 5. Estatística descritiva dos resultados obtidos na ficha de trabalho pré-teste.	26
Tabela 6. Frequência absoluta e relativa dos resultados obtidos na ficha de trabalho pré- teste.	27
Tabela 7. Estatística descritiva dos resultados obtidos na ficha de trabalho pós-teste.	28
Tabela 8. Frequência absoluta e relativa dos resultados obtidos na ficha de trabalho pós- teste.	28
Tabela 9. Categorização das respostas dos alunos à componente qualitativa do <i>snapshot</i> .	34

Lista de Figuras

Figura 1. Realização do trabalho de grupo alusivo à evolução do conhecimento da estrutura da membrana celular.	14
Figura 2. Apresentação do trabalho de grupo à turma.	14
Figura 3. Realização da ficha de trabalho (pré-teste).....	15
Figura 4. Breve orientação das funcionalidades de um simulador virtual pela professora-investigadora.	15
Figura 5. Elaboração do mapa de conceitos pelos alunos.	16
Figura 6. Representação dos ciclos da Investigação-Ação. Adaptado de Coutinho et al. (2022, p. 32).	18
Figura 7. Registos das grelhas de observação individual do Observador 1, Observador 2 e Observador 3.	25
Figura 8. Frequência de respostas corretas e incorretas na ficha de trabalho pré-teste.	27
Figura 9. Frequência de respostas corretas e incorretas na ficha de trabalho pós-teste.	29
Figura 10. Distribuição gráfica das classificações obtidas nas fichas de trabalho pré-teste e pós-teste.	30
Figura 11. Resultados dos diferentes critérios alvo de avaliação nos mapas de conceitos.	31
Figura 12. Frequência de respostas às questões de escolha múltipla do <i>snapshot</i>	33
Figura 13. Frequência das diferentes categorias de resposta à última questão do <i>snapshot</i>	34

Lista de Abreviaturas

AE	APRENDIZAGENS ESSENCIAIS
AET	APENDIZAGENS ESSENCIAIS TRANSVERSAIS ENSINO
EOAI	ORIENTADO PARA A APRENDIZAGEM POR INVESTIGAÇÃO
FCUP	FACULDADE DE CIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DO PORTO
I-A	INVESTIGAÇÃO-AÇÃO
IPP	INICIAÇÃO À PRÁTICA PROFISSIONAL
PASEO	PERFIL DO ALUNO À SAÍDA DA ESCOLARIDADE OBRIGATÓRIA
PI	PLANO DE INTERVENÇÃO

1. Introdução

O presente relatório de estágio foi elaborado no âmbito da unidade curricular de Iniciação à Prática Profissional (IPP) integrada no 2.º ano do Mestrado em Ensino de Biologia e de Geologia no 3.º Ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário, da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (FCUP). Este consiste na planificação e implementação de um Plano de Intervenção (PI) numa turma do 10.º ano de escolaridade de uma escola básica e secundária da cidade do Porto.

1.1. Contextualização da investigação

O século XXI, contrariamente a qualquer outro período na história da humanidade, distingue-se por uma intensa proliferação das tecnologias e pela rápida evolução do conhecimento científico, permitindo acesso imediato a uma quantidade imensurável de informação. A vasta disponibilidade de dados, consequência da facilidade com que a informação é difundida, culmina, frequentemente, na partilha de conteúdos falaciosos (Black, 2009; Chu et al., 2017; Rios et al., 2020), fazendo com que a literacia se tornasse essencial. Deste modo, o mercado de trabalho atual exige cada vez mais pessoas detentoras de competências digitais, de capacidades comunicativas sofisticadas e de um pensamento mais analítico, associado a competências de resolução de problemas (Chu et al., 2017; Levy and Murnane, 2012; McGunagle & Zizka, 2020; Rios et al., 2020).

As competências do século XXI são caracterizadas por uma junção diversificada, como a autonomia, a literacia científica, a capacidade de resolução de problemas e o pensamento crítico. Adicionalmente, incluem-se as competências interpessoais, essenciais para o desenvolver de relações sociais saudáveis, bem como as competências intrapessoais, isto é, emocionais e autorreguladoras, que permanecem estáveis por si só, que permitem a um indivíduo regular as suas emoções e comportamento para alcançar objetivos a longo prazo (Duckworth & Yeager, 2015). Esta combinação de competências é fundamental para alcançar o sucesso, tanto em contextos académicos como profissionais (Chu et al., 2017; Duckworth & Yeager, 2015; Rios et al., 2020).

Estas competências não são recentes, mas parecem novidade dado ao facto da sua importância (como um todo) começar, finalmente, a ser reconhecida. Analisando o panorama geral, é evidente que o sistema educativo não evoluiu paralelamente com as tecnologias, falhando na preparação dos alunos para lidarem com os desafios da atualidade. Isto devido, maioritariamente, ao foco das escolas, globalmente, se debruçar

em certas competências, como as linguísticas, por exemplo, desvalorizando outras, como a literacia digital, que emergiu recentemente (Chu et al., 2017; Silva, 2009). Deste modo, torna-se evidente a necessidade de valorizar e estimular competências do século XXI, como a resolução de problemas e pensamento crítico, para que os alunos se tornem mais capazes e para que atinjam sucesso a nível académico e, também, a nível profissional (Rios et al., 2020).

As tradicionais metodologias transmissivas, que ainda dominam a maioria das escolas, são pouco cativantes aos olhos dos alunos, desmotivando-os e sendo pouco capazes de estimular o desenvolvimento das competências do século XXI, ficando muito aquém na promoção do questionamento (Jamal et al., 2019; Vasconcelos & Almeida, 2012). Assim, e dada a necessidade de promover a compreensão de conceitos abstratos e de elevado grau cognitivo, bem como de estimular as competências indicadas no Perfil do Aluno à Saída da Escolaridade Obrigatória (PASEO), o ensino das ciências apresenta vários desafios que devem ser ultrapassados pelo professor (dela Cruz & Aril-dela Cruz, 2018; Muamher, 2020).

Posto isto, é da responsabilidade da escola promover, nos alunos, o desenvolvimento de competências, bem como de formar jovens adolescentes capazes de integrar a sociedade, tornando-se inevitável a adoção de metodologias de ensino ativas e centradas no aluno e, o seu envolvimento em atividades práticas que estimulem a aprendizagem e o desenvolvimento de competências, resultando num aumento de motivação nos alunos (Chu et al., 2017; DiYanni & Borst, 2020; Erickson et al., 2020).

O Ensino Orientado para a Aprendizagem por Investigação (EOAI) tem-se mostrado eficaz na promoção de competências nos alunos através da reprodução do trabalho dos cientistas em contexto sala de aula, permitindo-lhes mobilizarem conhecimentos e, simultaneamente, competências (Firman et al., 2019; Huang, 2021; Putu & Hikmawati, 2021). Para além disto, o trabalho colaborativo é também estimulado, resultando num papel mais ativo por partes dos alunos.

Desta forma, a presente investigação consiste na elaboração de um PI implementado com alunos do 10.º ano de escolaridade, no qual foi explorada a temática “membrana celular e os transportes transmembranares” com recurso ao EOAI. O PI recorreu à exploração de simuladores virtuais, pelos alunos.

1.2. Problemas e objetivos de investigação

A implementação deste PI pretendeu avaliar se o EOAI promove o desenvolvimento de competências investigativas como a observação, o questionamento, a génese de hipóteses, planeamento e execução de experiências e a formulação de conclusões (Pedaste et al., 2015) e se contribui para o sucesso escolar dos alunos, na temática da membrana celular quando articulado com a utilização de simuladores. Com o intuito de orientar a aplicação do PI, foram estabelecidos objetivos científicos, educacionais e profissionais, que constam na Tabela 1. De salientar que os objetivos científicos e os objetivos educacionais têm como ponto de partida o documento das Aprendizagens Essenciais (AE) para o 10.º ano de escolaridade, da disciplina de Biologia e de Geologia.

Tipologia	Objetivos
Científicos	• Ensinar a estrutura da membrana celular e os seus constituintes; • Promover a perceção da evolução do conhecimento da estrutura e composição da membrana celular; • Ensinar de que forma ocorre o movimento de substâncias através das membranas das células; • Promover a distinção dos conceitos “meio hipotónico”, “meio hipertónico” e “gradiente de concentração”; • Auxiliar na aprendizagem dos diferentes transportes transmembranares.
Educacionais	• Motivar os alunos para a aprendizagem em biologia; • Promover a literacia e o raciocínio científico através do EOAI; • Estimular o desenvolvimento de competências investigativas nos alunos através da utilização da metodologia de EOAI articulada com simuladores; • Promover o desenvolvimento de conhecimento científico e de competências transversais através do EOAI; • Promover trabalho colaborativo.
Profissionais	• Potencializar o uso da metodologia de EOAI com recurso a simuladores no ensino secundário; • Reunir competências na preparação e aplicação do EOAI, bem como na preparação de recursos a aplicar na mesma;

- Criar e aprimorar competências na investigação em educação;
- Promover a emancipação profissional docente através de uma ação participante e reflexiva.

Tabela 1. Objetivos científicos, educacionais e profissionais do Plano de Intervenção.

1.3. Contextualização curricular

Aquando da elaboração do PI e, para que este fosse aplicável, foi tido em consideração o documento relativo às AE, estabelecido pela Direção Geral da Educação em 2018, para o 10.º ano de escolaridade da disciplina de Biologia e de Geologia (Tabela 2).

Domínio	Aprendizagens Essenciais
Obtenção de matéria	• “Interpretar o modelo de membrana celular (mosaico fluido) com base na organização e características das biomoléculas constituintes.”; • “Relacionar processos transmembranares (ativos e passivos) com requisitos de obtenção de matéria e de integridade celular.”; • “Planificar e realizar atividades laboratoriais/ experimentais sobre difusão/ osmose, problematizando, formulando hipóteses e avaliando criticamente procedimentos e resultados.”; • “Integrar processos transmembranares e funções de organelos celulares (retículo endoplasmático, complexo de Golgi, lisossoma, vacúolo digestivo) para explicar processos fisiológicos.”

Tabela 2. Aprendizagens essenciais a serem desenvolvidas no Plano de Intervenção. Adaptado de Direção-Geral da Educação (DGE, 2018, p.9).

Para além das AE supracitadas, o PI aborda, também, Aprendizagens Essenciais Transversais (AET) do 10.º ano de escolaridade, nomeadamente “Pesquisar e sistematizar informações, integrando saberes prévios, para construir novos conhecimentos”, “Explorar acontecimentos, atuais ou históricos, que documentem a natureza do conhecimento científico” e, “Articular conhecimentos de diferentes disciplinas para aprofundar tópicos de Biologia e de Geologia” (DGE, 2018, p.4).

1.4. Organização do relatório de estágio

O presente documento encontra-se organizado em seis capítulos.

O primeiro capítulo, “Introdução”, encontra-se subdividido em quatro subcapítulos. Nestes é referida a contextualização da investigação, os problemas desta e os objetivos que a orientam: educacionais, científicos e profissionais. Em adição, é também realizada uma contextualização curricular da temática científica elegida, na qual são mencionadas as AE, incluindo as AET que o PI visou desenvolver. Por fim, na introdução, descreve-se, sucintamente, o conteúdo de cada capítulo deste relatório de estágio.

No capítulo dois, é elaborado um enquadramento teórico sobre o EOAI, metodologia de ensino aplicada no PI. Por sua vez, este capítulo subdivide-se em três partes, dedicadas ao enquadramento sobre a metodologia de ensino, à exploração de simuladores virtuais no ensino e ao ensino da biologia e a sua importância.

Intitulado “Intervenção Pedagógica”, o terceiro capítulo é dedicado ao PI. Neste capítulo é apresentada a planificação, bem como os recursos didáticos utilizados durante as aulas. Para além disto, é também exposta de que forma o PI foi aplicado, seguindo-se uma breve caracterização das aulas.

O quarto capítulo diz respeito à metodologia de investigação, subdividido em cinco subcapítulos. Inicialmente, é apresentada a metodologia de investigação, Investigação-Ação (I-A). Depois, caracteriza-se a amostra do estudo. O subcapítulo seguinte tem como foco as técnicas e instrumentos de recolha de dados que foram utilizados. O quarto subcapítulo refere-se à validade e fidelidade dos anteriores. Por fim, o último subcapítulo trata as questões de ética inerentes à investigação com os alunos, todos menores de idade.

Os “Resultados e Discussão” consistem no quinto capítulo deste relatório de estágio. Nos subcapítulos correspondentes são apresentados e discutidos os dados recolhidos com os diferentes instrumentos selecionados e efetua-se uma análise dos resultados obtidos.

No capítulo seis, estão presentes as conclusões do estudo em análise, as suas limitações e sugestões para possíveis estudos posteriores, assim como os contributos desta investigação para o desenvolvimento profissional da professora-investigadora.

Finalmente, surgem as referências bibliográficas e os apêndices, onde está mencionada a literatura científica em que se fundamenta esta investigação e onde constam os documentos alusivos ao PI, respetivamente.

2. Enquadramento Teórico

Este capítulo apresenta uma breve contextualização alusiva à metodologia de ensino empregue aquando da implementação do PI – EOAI. Num primeiro momento, elaborase a contextualização histórica da metodologia de ensino, bem como a explicação das características que a definem. Segue-se um subcapítulo referente ao uso de simuladores no ensino das ciências, abordando as vantagens e desvantagens deste recurso. Finalmente, o último subcapítulo debruça-se sobre o ensino da Biologia e a sua importância e ligação ao quotidiano dos alunos.

2.1. Ensino Orientado para a Aprendizagem por Investigação

Até ao início do século XX, a ciência era interpretada como um leque de conhecimentos em que o processo de aprendizagem dos alunos ocorria com aulas expositivas transmitidas pelo professor, o qual desempenhava o papel central, e os primeiros recorriam à memorização e repetição (Constantinou et al., 2018; Dobber et al., 2017). A incoerência entre a forma como a ciência era ensinada nas escolas e como efetivamente era praticada pela comunidade científica tornou-se clara, desencadeando a implementação de uma reforma educativa, resultando na génese de inúmeras metodologias ativas, entre as quais o EOAI.

O EOAI caracteriza-se como uma metodologia de ensino ativa, que envolve diretamente o aluno no processo de aprendizagem tornando-o protagonista e, centrando-se neste, permitindo-lhe aprender sobre o conteúdo e, simultaneamente, sobre o método científico (Dobber et al., 2017; Lazonder & Harmsen, 2016; Riga et al., 2017). Os alunos são incentivados a espelhar o trabalho dos cientistas em sala de aula promovendo a aprendizagem da ciência através da simulação do modo como esta é realizada, refletindo a sua natureza, mutabilidade e dinamismo através da: i) identificação de problemas; ii) formulação de questões e hipóteses; iii) elaboração e implementação de procedimentos experimentais; iv) recolha e análise de dados; v) apresentação de dados e; vi) elaboração de conclusões, podendo estas etapas fazer parte da investigação na totalidade ou uma parte destas ser fornecida pelo professor, um mediador que deve orientar os alunos (Arends, 2012; Dobber et al., 2017; Gómez & Suárez, 2020; Lazonder & Harmsen, 2016; Pedaste et al., 2015; Riga et al., 2017). O EOAI estrutura-se, maioritariamente, em cinco etapas principais, abaixo definidas (Tabela 3) (Pedaste et al., 2015):

Orientação	Captação da atenção dos alunos; Elucidação do processo investigativo; Introdução de um problema.
Conceptualização	Questionamento; Génese de hipóteses.
Investigação	Planeamento e execução de experiências; Recolha e interpretação de dados.
Conclusão	Formulação de explicações para o problema.
Discussão	Reflexão e debate sobre a investigação; Comunicação das conclusões.

Tabela 3. Principais etapas do Ensino Orientado para a Aprendizagem por Investigação. Adaptado de Pedaste et al. (2015, p. 51).

Centrada no aluno, nesta metodologia o professor desempenha o papel de facilitador do processo de aprendizagem, em oposição ao mero papel de transmissor. A orientação fornecida por este desempenha um papel importante definindo-se por qualquer forma de assistência oferecida, em prol do processo de aprendizagem que visa elucidar sobre o raciocínio científico necessário para concluir a tarefa, podendo o seu grau ser variável (Dobber et al., 2017; Gómez & Suárez, 2020; Lazonder & Harmsen, 2016). Em contexto de sala de aula, o processo de investigação pode ser por confirmação, estruturada, guiada ou aberta, consoante a mediação do professor e a informação fornecida aos alunos (Tabela 4) (Fitzgerald et al., 2019; Riga et al., 2017).

Tipo de investigação	Informação fornecida aos alunos
Por confirmação	Questão e procedimento; resultados previamente conhecidos.
Estruturada	Questão e procedimento.
Guiada	Questão.
Aberta	Carece de informação fornecida.

Tabela 4. Tipos de investigação utilizados em contexto sala de aula e mediação fornecida aos alunos pelo professor. Adaptado de Fitzgerald (2019, p. 544).

A orientação fornecida aos alunos durante a implementação de atividades investigativas em contexto de sala de aula revela-se crucial no processo de aprendizagem (Aditomo & Klieme, 2020; Dobber et al., 2017; Lazonder & Harmsen, 2016). A realização de atividades com níveis progressivamente menores de orientação é determinante para o desenvolvimento das competências investigativas dos alunos, tendo como objetivo a

sua familiarização com as diversas etapas do processo de investigação, promovendo uma autonomia crescente, de modo a reduzir gradualmente a necessidade de orientação ao longo dessas etapas (Banchi & Bell, 2008; Zion & Mendelovici, 2012). Evidentemente que o grau de autonomia e a familiaridade dos alunos face às etapas de investigação deve ser considerado aquando da escolha do grau de orientação fornecido pelo docente durante as atividades; alunos que tenham experienciado menos contacto com esta metodologia de ensino necessitarão, naturalmente, de orientação mais explícita comparativamente a alunos já familiarizados com esta. De apontar que, a implementação precoce de variantes menos orientadas do EOAI pode originar desmotivação e desinteresse no envolvimento do processo investigativo pelos alunos (Heindl, 2019; Lazonder & Harmsen, 2016).

É fundamental considerar o conhecimento prévio dos alunos ao planear uma investigação no contexto escolar, uma vez que as explicações propostas para os fen menos em estudo se fundamentam nas suas con e  es prévias, sendo necessário ajustar os requisitos necessários para a investigação em sala de aula, priorizando sempre o processo de aprendizagem (Bybee, 2006; National Research Council, 2000). Esta adaptação envolve, frequentemente, a modificação do nível de orientação a ser providenciado durante o processo investigativo (Vorholzer & von Aufschnaiter, 2019).

A ponte que se estabelece entre o conhecimento prévio dos alunos e o conhecimento que se tenciona que desenvolvam assenta nos princípios teóricos do socioconstrutivismo, apologista de que o conhecimento que os alunos possuem previamente influencia o seu processo de aprendizagem, tornando-se imprescindível proporcionar condições que lhes permita relacionar o conhecimento que possuem com a nova informação, assegurando o sucesso da sua aprendizagem (Khalaf, 2018; Olusegun, 2015). Adicionalmente, o socioconstrutivismo também aponta o trabalho cooperativo como um t pico importante na construção do conhecimento, fomentado no EOAI, no qual é permitido aos alunos partilhar conhecimentos e tomar decisões em conjunto, concluindo as etapas da investigação com êxito (Khalaf, 2018; Olusegun, 2015).

Assim, a aplicação ponderada da metodologia em análise é fundamental para o desenvolvimento das suas competências de investigação, tendo um impacto significativo tanto no aperfeiçoamento dessas competências, como na adoção de atitudes positivas em relação   ciência, o que resulta num aumento da sua motivação nesta  rea (Cairns & Areepattamannil, 2019; Constantinou et al., 2018; Chi et al., 2021;

Firman et al., 2019; Gómez & Suárez, 2020; Huang, 2021; Lazonder & Harmsen, 2016; Putu & Hikmawati, 2021).

O aumento da motivação reflete tanto a novidade desta metodologia de ensino como a autonomia progressivamente concedida aos alunos, assim como o envolvimento social e a atividade física que ocorrem durante o processo investigativo. Estes aspetos promovem o desenvolvimento do pensamento crítico, uma compreensão mais profunda dos conceitos e, juntamente com o aumento da motivação dos alunos, resultam, consequentemente, numa aprendizagem mais robusta e duradoura (Cairns & Areepattamannil, 2019; Dobber et al., 2017; Gómez & Suárez, 2020).

Assim, e dada a sua natureza, esta metodologia de ensino foi selecionada para lecionar os conteúdos alusivos à membrana celular e aos processos transmembranares do 10.º ano de escolaridade, com recurso a simuladores virtuais.

2.2. A utilização de simuladores no Ensino das Ciências

O desenvolvimento tecnológico característico da época em que nos encontramos coloca à disposição dos docentes uma vasta gama de ferramentas que podem, e devem, ser utilizadas para fins educativos. Entre estas ferramentas, encontram-se os simuladores, de popularidade crescente entre a comunidade educativa devido à sua aplicabilidade no ensino das ciências, bastante utilizados como recurso no EOAI (Cayvaz et al., 2020; Kuang et al., 2020; Wang et al., 2021).

Um simulador é um programa virtual imperativamente interativo, construído com base num modelo subjacente a um fenómeno natural e científico, representando-o e, geralmente, permitindo alterar o valor das variáveis e observar o efeito no sistema em estudo, apresentando como objetivo didático permitir aos alunos explorarem o modelo representado por meio de uma investigação (D'Angelo et al., 2014; de Jong, 2016).

A articulação de simuladores com o EOAI permite a visualização de fenómenos que, de outra forma, não seriam perceptíveis; facilita a compreensão de fenómenos complexos através da sua clarificação; possibilita a repetição de experiências sem a necessidade de recursos adicionais e num curto espaço de tempo, quer para confirmar os resultados obtidos, quer para aprofundar o conhecimento sobre o fenómeno em estudo, apresentando assim inúmeras vantagens (Bell & Smetana, 2008; Cayvaz et al., 2020; Mulder et al., 2015; Olympiou et al., 2013).

A utilização de simuladores concede aos alunos maior liberdade e autonomia, fomentando o desenvolvimento de competências investigativas, cruciais para a sua

evoluçãO. Contudo, a orientaçãO fornecida durante estas atividades e a consideraçãO do conhecimento prévio dos alunos sãO essenciais para o uso eficaz destas ferramentas (de Jong, 2016; Capelo & Silva, 2020).

Através da visualizaçãO dos fenómenos em estudo, com o auxílio de um simulador, os alunos têm a oportunidade de confrontar as suas preconcepções com as concepções científicas reais, promovendo a sua compreensãO, dado ao facto de que os conceitos, outrora abstratos, se transformam em representações percetíveis. Deste modo, através da integraçãO cognitiva do novo conhecimento com o conhecimento já construído, o processo de aprendizagem é, efetivamente, favorecido (Srisawasdi & Panjaburee, 2015; Wang et al., 2021).

2.3. O Ensino da Biologia

O ensino das Ciências Naturais é, por norma, de grande interesse e a sua importância é catalisada para o conhecimento do mundo natural e das leis que o regem e para a compreensãO e consciencializaçãO dos problemas na nossa esfera pessoal e social (National Research Council, 2012; Tzovla & Kedraka, 2020). Numa sociedade em constante mudançA, onde a Ciência e a Tecnologia assumem cada vez mais um papel central, torna-se evidente a necessidade de formar cidadãos responsáveis e críticos, com a capacidade de discutir e tomar decisões fundamentadas de índole científica.

Neste contexto, é imprescindível que a escola promova uma literacia científica de qualidade entre os jovens portugueses, promovendo, simultaneamente, competências em diferentes domínios. A biologia, sendo uma área que desperta grande interesse, relaciona-se com diversas temáticas do quotidiano, como problemas sociais, questões ambientais, doenças emergentes, vacinaçãO e, mais recentemente, a pandemia de Covid-19 (Babanazarovich, 2020; Cabbar & Senel, 2020; Fauzi et al., 2020; Tzovla & Kedraka, 2020). Estes temas, de impacto significativo, sublinham a necessidade de fomentar a literacia científica nos adolescentes e jovens.

O ensino da biologia passa por uma abordagem holística dos fenómenos biológicos, promovendo sempre a literacia científica, consistindo esta na capacidade de mobilizar conhecimento científico para questionar e retirar conclusões a partir de certos dados, para compreender o mundo e as alterações consequentes da atividade humana, tomando decisões a isto inerentes (OCDE, 2007; Tzovla & Kedraka, 2020). A literacia científica refere-se ao conhecimento das Ciências Naturais, mas também à utilidade desse conhecimento, de forma que o aluno compreenda as questões científicas, explique os fenómenos científicos e, possa exportar conclusões científicas

fundamentadas, sendo, portanto, uma ferramenta na tomada de decisões que cultiva nos alunos a participação ativa na sociedade. Isto é, contribui para a utilização de conhecimentos, capacidades e atitudes desenvolvidos para interpretar o ambiente em que se inserem, preparando os alunos para a vida real, sempre conscientes da realidade em que se encontram, como cidadãos ativos, capazes de tomar decisões conscientes e informadas, atuando de modo responsável em questões alusivas à vida humana e à vida do planeta, permitindo ainda aos alunos estabelecer ligações entre os conceitos científicos e situações reais (Barrett et al., 2013; Bryce et al., 2011; Bybee, 2008; Cabbar & Senel, 2020; Roth & Lee, 2004; Tzovla & Kedraka, 2020).

Dada a complexidade e carácter abstrato da membrana celular e dos transportes transmembranares, optou-se pela articulação da utilização de simuladores virtuais com o ensino destes conteúdos. Estes recursos didáticos promovem a compreensão desta temática de forma mais rápida e eficaz, possibilitando a visualização dinâmica e acesso à informação que providenciam (Husnaini & Chen, 2019). Além disso, os simuladores virtuais revelam-se vantajosos dada a sua simplicidade face à complexidade inerente à temática, permitindo aos alunos focarem-se na interpretação dos dados (Husnaini & Chen, 2019). Aspeto este particularmente relevante uma vez que se aborda uma temática em que a visualização clara das interações microscópicas é imprescindível. Adicionalmente, recursos virtuais tendem a potenciar o desempenho dos alunos, nomeadamente na interpretação de dados e no desenvolvimento de novas experiências, refletindo um desenvolvimento significativo no pensamento crítico, por exemplo (Husnaini & Chen, 2019).

3. Intervenção Pedagógica

Com o intuito de responder à questão de investigação formulada, bem como atingir os objetivos estabelecidos, clarificados no capítulo um, foi concebido um PI. Este foi implementado numa escola básica e secundária da área metropolitana do Porto, com uma turma do 10.º ano de escolaridade. Posto isto, o presente capítulo inclui a planificação e os recursos didáticos utilizados durante a investigação, bem como uma caracterização das aulas que integraram o PI.

3.1. Planificação

Planificação, do latim *planumfacare*, significa tornar algo claro ou evidente. Este conceito, transversal a múltiplas áreas, compreende-se como um processo que nos

possibilita refletir, na perspetiva de organizar e agilizar tanto no tempo como no espaço (Barroso, 2013).

O ato de planificar é uma prática intrínseca à ação docente, sendo fundamental que os professores em formação desenvolveram competências nesta área (López, 2012; Moreira & Duarte, 2019). A planificação configura-se como um processo complexo e orientado para a ação, de cariz ativo, no qual todas as decisões são ponderadas, e onde a prática é cuidadosamente antecipada, exigindo dedicação, responsabilidade e sentido crítico por parte do professor. Dado que permite ao docente prever o desenvolvimento da aula e delinear o processo a seguir, estabelecendo os objetivos, conteúdos, tarefas a realizar e, ainda, os critérios de avaliação, a planificação assume uma importância pedagógica crucial, contribuindo de forma significativa para o êxito do processo de ensino e aprendizagem. Isto é, planificar implica uma reflexão consciente do professor sobre a sua prática e os objetivos a alcançar, reconhecendo que a sua intervenção é determinante na maximização e melhoria da qualidade do processo de aprendizagem dos alunos (Barroso, 2013; Moreira & Duarte, 2019). Em adição, ao organizar e preparar a sua ação, este processo permite ao docente mitigar incertezas e, simultaneamente, reduzir as inseguranças perante o público-alvo a quem se dirige (Barroso, 2013; Moreira & Duarte, 2019).

No entanto, é de salientar que a planificação deve possuir um carácter flexível, suscetível de ser ajustado no decorrer da aula, adaptando-se consoante o seu desenvolvimento e permitindo ao docente rever o plano de aula, de forma a modificar elementos que se revelem menos significativos ou para acomodar potenciais imprevistos (Barroso, 2013; Moreira & Duarte, 2019). Além disso, o processo de planificação curricular evidencia alterações em paralelo com o desenvolvimento profissional de cada docente, sendo, numa fase inicial, marcadamente formal e mecânico, evoluindo gradualmente para um processo mais flexível e informal, enriquecido pela experiência e saberes acumulados pelo docente (Enow & Goodwyn, 2018; Moreira & Duarte, 2019; Mutton et al., 2011).

Foi elaborada uma planificação das aulas integrantes do PI, com a definição dos seus objetivos e finalidades e, onde foram descritas as diferentes etapas das aulas (Apêndice 1). A planificação foi idealizada para nove tempos letivos de 50 minutos.

Os recursos educativos utilizados foram simuladores online (https://www.labxchange.org/library/items/lb:LabXchange:b7e59575:lx_simulation:1?fullscreen=true; https://digitalfirst.bfwpub.com/life_11e/life_activity_06_04.html),

acompanhados por documentos explicativos (Apêndice 2), para facilitar a sua interpretação por parte dos alunos, uma vez que estes se encontram em inglês. No entanto, a língua materna de um aluno da turma alvo de investigação era inglês, o que acabou por o envolver mais, motivando-o. Além dos simuladores, nesta investigação foi utilizada uma grelha de observação individual (Apêndice 3), implementada uma ficha de trabalho (Apêndice 4), um mapa de conceitos (Apêndice 5) e um *snapshot* (Apêndice 6).

3.2. Caracterização das aulas

O PI elaborado pretendeu estimular competências do século XXI nos alunos de uma turma do 10.º ano, bem como o questionamento destes, familiarizando-os com as etapas que integram uma investigação. Em adição, o trabalho colaborativo também foi promovido. A caracterização das aulas está descrita nos parágrafos abaixo.

3.2.1. Primeira aula

A primeira aula do PI, com a duração total de 100 minutos, desenvolveu-se em dois momentos distintos. O primeiro tempo letivo (50 min) foi dedicado à introdução teórica da estrutura da membrana celular e à caracterização e organização dos seus constituintes com o auxílio de um documento *PowerPoint* (Apêndice 7), apresentado pela professora investigadora.

Por sua vez, o segundo tempo letivo (50 min) destinou-se ao trabalho de grupo alusivo à evolução do conhecimento da estrutura e da composição da membrana celular, no sentido de valorizar a história da ciência e de fomentar o gosto dos alunos por esta. Neste segundo tempo letivo, depois da turma ser dividida em cinco grupos aleatórios de quatro elementos, foram comunicados aos alunos os critérios de avaliação a aplicar (Figura 1).

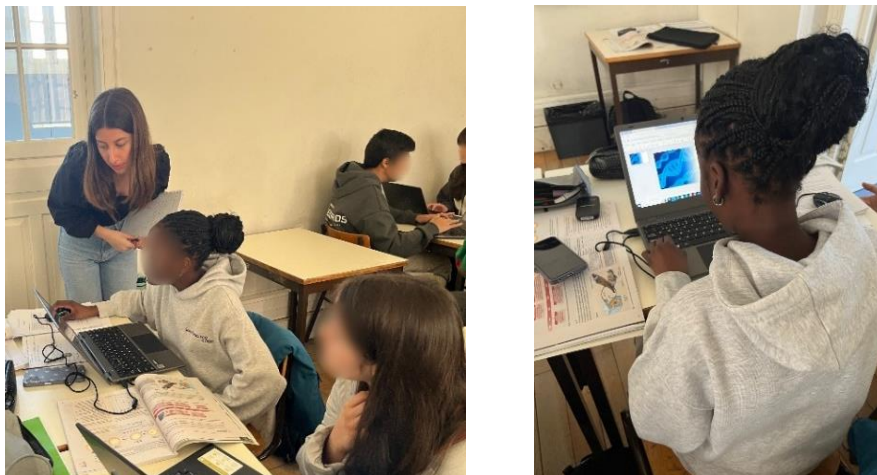


Figura 1. Realização do trabalho de grupo alusivo à evolução do conhecimento da estrutura da membrana celular.

3.2.2. Segunda aula

A segunda aula, em semelhança à anterior, também foi planeada para dois tempos letivos (100 min). Na primeira parte da aula, cada grupo apresentou o seu trabalho à turma, dispondo de 10 minutos para a apresentação do trabalho de grupo e respetiva discussão, no sentido de colmatar as dúvidas que surgiram (Figura 2).



Figura 2. Apresentação do trabalho de grupo à turma.

A última parte da aula, destinou-se à lecionação do cariz semipermeável da membrana celular, à introdução do conceito “gradiente de concentração” e à especificação de osmose, difusão simples e difusão facilitada, com o auxílio da apresentação do documento *PowerPoint*.

3.2.3. Terceira aula

A terceira aula do PI, teve a duração de três tempos letivos (150 min), em que a turma se encontrava dividida em dois turnos, alternando entre a disciplina de Biologia e Geologia e a de Física e Química A, para desenvolvimento de atividades teórico-práticas. O primeiro tempo letivo focou-se na caracterização de transporte ativo, endocitose e exocitose, também com o auxílio do documento *PowerPoint*. Posto isto, os alunos foram testados com uma ficha de trabalho, implementada posteriormente à lecionação de todos os conteúdos e previamente à exploração dos simuladores (ficha de trabalho pré-teste) (Figura 3). Na segunda parte da aula, com a duração de 100 minutos, foram explorados os simuladores. Os alunos receberam um guia explicativo com a legenda e funcionalidades dos simuladores virtuais traduzidas (Apêndice 2). Primeiramente, a professora-investigadora projetou os simuladores, com o intuito de orientar os alunos e de os familiarizar com o recurso educativo (Figura 4). Posteriormente, os alunos exploraram os simuladores com o colega do lado e depois a nível individual. Após esta etapa, a exploração dos simuladores foi feita em conjunto pela turma, permitindo aos alunos selecionar as diferentes funcionalidades. A aula terminou num diálogo e discussão entre a professora-investigadora e os alunos, em que a primeira desempenhou um mero papel de mediadora.



Figura 3. Realização da ficha de trabalho (pré-teste).

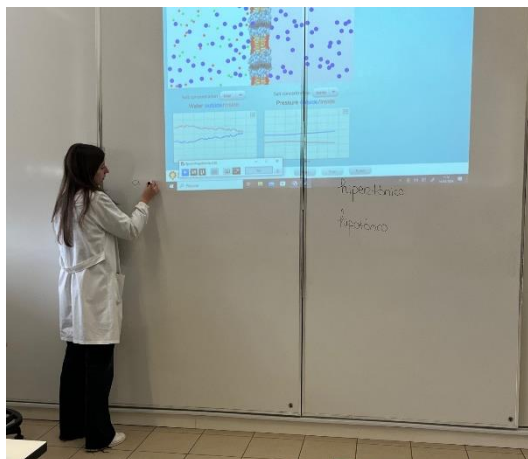


Figura 4. Breve orientação das funcionalidades de um simulador virtual pela professora-investigadora.

3.2.4. Quarta aula

A quarta aula do PI, com a duração de 50 minutos, foi iniciada com uma revisão e esclarecimento de dúvidas sobre a membrana celular e os processos de transporte

transmembrantar. Seguidamente, os alunos preencheram o *snapshot*, anónimo e confidencial.

3.2.5. Quinta aula

Finalmente, a quinta aula do PI, com a duração de 50 minutos, ocorreu mais de uma semana depois da aula anterior dedicada a este estudo. A última aula foi dedicada à realização da ficha de trabalho (pós-teste) e à elaboração de um mapa de conceitos de cariz individual, posteriores à exploração dos simuladores (Figura 5). Seguidamente, em conjunto, procedeu-se à correção da ficha de trabalho e à análise do mapa de conceitos de referência, projetado pela professora-investigadora. A aula foi encerrada em diálogo com a turma e com o esclarecimento das dúvidas que surgiram.

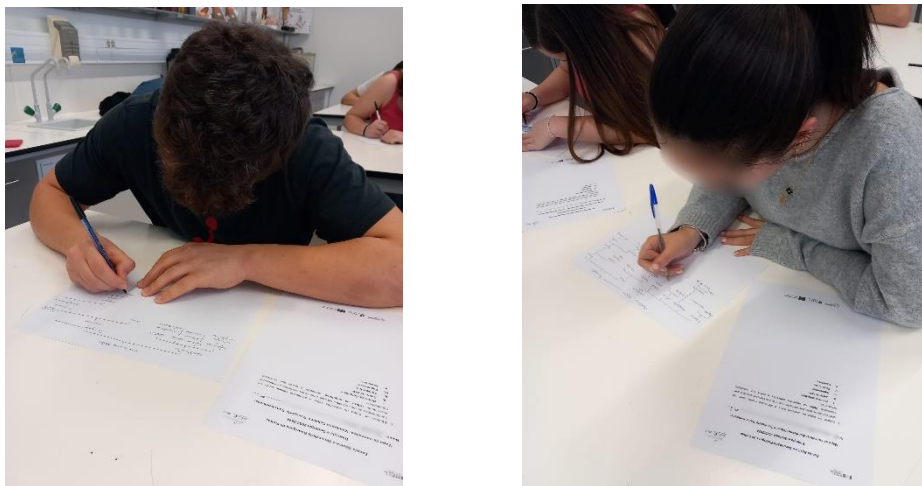


Figura 5. Elaboração do mapa de conceitos pelos alunos.

4. Metodologia de investigação

Somos a única espécie que possui “sede de saber”, que procura aprender e compreender de forma aprofundada o que nos rodeia, questionar é intrínseco à nossa natureza, sendo a investigação científica consequência de toda a nossa curiosidade (Coutinho, 2018). Em Educação, a investigação emerge igualmente da curiosidade, bem como da necessidade em aprofundar o conhecimento e aperfeiçoar a prática docente. As descobertas provenientes da investigação educacional desempenham um papel crucial tanto na teoria como na prática pedagógica, o que revela a importância desta na formação inicial de professores. A investigação corresponde à aplicação formal e sistemática do método científico ao estudo de problemas educacionais sendo o seu objetivo educacional semelhante ao da Ciência em geral: descrever, explicar, prever ou

controlar fenómenos, possibilitando a evolução do conhecimento inerente ao tema em estudo (Bryman, 2016; Gay et al., 2012).

Neste capítulo é explorada a metodologia de investigação eleita para o presente estudo, apresentada uma descrição da amostra, bem como das técnicas e dos instrumentos de recolha de dados. As questões de ética inerentes à investigação também se encontram neste capítulo.

A metodologia de investigação selecionada para este estudo foi I-A, que se apoiou num método misto de análise de dados. Foram utilizadas as técnicas de observação, testagem e inquérito. A investigação foi realizada num grupo de indivíduos aos quais foram exigidos consentimento e assentimento.

4.1. Investigação-Ação

A I-A caracteriza-se como uma metodologia de investigação cíclica ou em espiral, em que o investigador alterna entre a ação e a reflexão crítica, que requer ação e consequente mudança, investigação e compreensão, sendo o foco desta promover uma reflexão crítica sobre a prática com o intuito de implementar mudanças positivas na última. Para tal, a cada ciclo, os métodos, dados e respetiva interpretação são aprimorados, partindo do feedback dos ciclos anteriores (Cohen et al., 2017; Coutinho, 2018).

A presente metodologia de investigação considera quatro etapas distintas: planificação, ação, observação e reflexão. Isto é, caracteriza-se por, num primeiro instante, definir um problema, seguido da planificação de uma ação, com o objetivo de resultar em mudança, procedendo-se à implementação desta ação e à recolha de dados sobre a mesma, alvo de reflexão por parte do investigador. Após esta reflexão, é planeada uma nova ação, entrando-se num processo de ciclos em espiral (Figura 6) (de Oliveira Cardoso, 2022; Hudson et al., 2016). A interpretação dos dados efetua-se sempre tendo em consideração o conhecimento obtido nos ciclos precedentes (Coutinho et al., 2018).

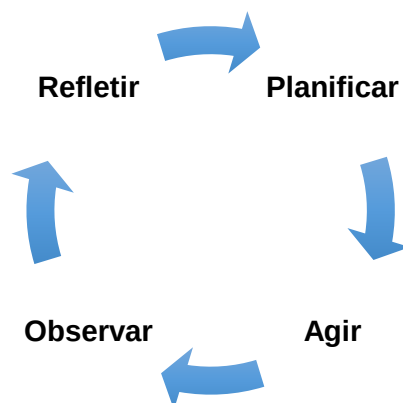


Figura 6. Representação dos ciclos da Investigação-Ação. Adaptado de Coutinho et al. (2022, p. 32).

A metodologia I-A é frequentemente aplicada por docentes, de forma a melhorarem continuamente a sua prática pedagógica, uma vez que examinam e refletem sobre esta (Clark et al., 2020; Coutinho, 2018). Assim sendo, os resultados obtidos ao utilizar esta estratégia no quotidiano escolar permitem uma melhoria dos processos de ensino e aprendizagem impactando significativamente todos os seus intervenientes. A I-A origina conhecimento prático que se revela útil no quotidiano, aproximando a investigação e a prática, estimulando a melhoria contínua da última (Cohen et al., 2017; Koshy, 2009).

4.1.1. O professor-investigador

Durante um determinado de tempo, os professores apoiavam-se nos contributos da investigação educacional proveniente das demais ciências sociais, no entanto, reconhece-se que a aplicação de princípios generalizados às práticas pedagógicas apresenta limitações em certos contextos (Efron & Ravid, 2019).

Nas últimas décadas, o contexto histórico, social, económico e cultural dos alunos tornou-se altamente diversificado, consequência da globalização (Rowan et al., 2021). Desta forma, os docentes, na sua posição privilegiada, têm a capacidade de identificar as particularidades das suas turmas e de adaptar as suas práticas pedagógicas ao contexto específico em que se encontram. Assim, o professor assume o papel de investigador sistemático, reflexivo, crítico e, simultaneamente, subjetivo, ao ajustar o ensino às necessidades e características do conjunto grupo turma (Efron & Ravid, 2019), emergindo o professor-investigador, que desempenha o seu papel de forma reflexiva e orientada para a ação, colocando em prática a metodologia I-A (Rowan et al., 2021).

A prática reflexiva envolve um processo de autoavaliação das próprias metodologias, na qual o professor reflete criticamente na forma como os conteúdos foram lecionados e identifica aspetos em que poderá evoluir, sendo este processo essencial para o desenvolvimento contínuo na prática docente (Efron & Ravid, 2019). O docente assume um papel de professor-investigador que procura infindavelmente a melhoria da sua prática profissional. Neste processo, procede-se à recolha de dados sobre a dinâmica da sala de aula e dos resultados da aprendizagem dos alunos, posteriormente analisados e avaliados pelo docente, com o objetivo de explorar os pontos fortes e as fragilidades do seu método de ensino, visando sempre o seu aperfeiçoamento (Akkoyunlu et al., 2016; Mathew et al., 2017; Sellars, 2017).

A dupla função do professor-investigador assenta em alguns pressupostos fundamentais (Cohen et al, 2017):

- analisar e procurar resolver problemas de natureza sistemática na sua prática pedagógica, em detrimento de solucionar questões pontualmente;
- não se cinge à resolução de problemas, mas identifica oportunidades de aprendizagem e desenvolvimento enquanto docente;
- reconhecer autonomamente os pontos que carecem de melhoria em detrimento de serem agentes externos a fazê-lo;
- assumir que o ensino é uma ciência heterógena, em que todos os intervenientes influenciam o processo.

É, portanto, imperativo que esta postura reflexiva seja adotada por todos os docentes ao longo da carreira, uma vez que resulta em mudanças e melhorias na sua forma de ensinar, benéfico para o seu desenvolvimento profissional e, simultaneamente, para o processo de aprendizagem dos alunos (Efron & Ravid, 2019; Mathew et al., 2017; Sellars, 2017).

Considerando que o processo de autoanálise é crucial para o desenvolvimento profissional dos docentes, a sua implementação durante a formação inicial de professores é mais do que pertinente e revela-se benéfica e essencial para a sua prática futura. Ao participarem neste processo, os professores estagiários desenvolvem competências ao enfrentar os desafios que surgiram ao longo da sua formação, iniciando, assim, a sua evolução rumo a uma prática docente competente, tornando-se também bons professores-investigadores (Mathew et al., 2017; Sellars, 2017).

4.2. Caracterização da amostra

A implementação da presente investigação decorreu numa turma do 10.º ano de escolaridade, constituída por 21 alunos com idades compreendidas entre os 15 e 16 anos. No entanto, os dados de duas alunas não foram contabilizados devido à ausência destas em parte da investigação, apesar de terem participado em algumas aulas do PI. Pelo que, a amostra é composta por 19 alunos ($n=19$), com oito participantes do sexo masculino e 11 participantes do sexo feminino. Na sua maioria, a turma é de nacionalidade portuguesa, com a exceção de duas alunas, uma de nacionalidade cabo-verdiana e outra americana. Todos os alunos eram residentes do distrito do Porto e nenhum se encontrava a repetir o 10.º ano de escolaridade.

Uma vez que o grupo em estudo é uma turma que foi constituída no início do ano letivo na escola onde decorreu a Iniciação à Prática Profissional (IPP), a amostra descrita consiste numa amostra de conveniência (Coutinho, 2018). Em adição, é de salientar que a amostra também não é probabilística nem representativa, pelo que os resultados que obtidos nesta investigação não podem ser generalizados à população em estudo (Cohen et al., 2017; Coutinho, 2018; Gay et al., 2012). No entanto, a recolha de dados permitiu obter indicadores para os critérios avaliados.

4.3. Técnicas e instrumentos de recolha de dados

Para a presente investigação, a recolha de dados recorreu às técnicas de observação, testagem e inquérito. Os instrumentos utilizados foram uma grelha de observação individual, uma ficha de trabalho, um mapa de conceitos e um *snapshot*.

4.3.1. Grelha de observação individual

O propósito de uma grelha de observação individual (Apêndice 3) utilizada nesta investigação é permitir o registo sistemático dos comportamentos dos alunos, baseado na observação dos mesmos. O objetivo da observação é obter um panorama de características previamente definidas dos indivíduos, refletindo os seus comportamentos reais (Cohen et al., 2017; Price et al., 2017).

Nesta investigação, recorreremos à observação do tipo estruturada, uma vez que os observadores sabiam previamente quais os comportamentos alvo de registo e a descrição dos níveis de desempenho de cada um focado nos critérios já definidos reduzindo, assim, a subjetividade inevitavelmente associada à observação (Cohen et al., 2017; Price et al., 2017).

Para a grelha de observação individual foram utilizados cinco critérios de avaliação definidos em departamento curricular: participação, empenho, comportamento, responsabilidade e autonomia, com três níveis de desempenho. Os critérios de avaliação e respetivos descritores também se encontram disponíveis no Apêndice 3.

As grelhas de observação foram preenchidas pela professora-investigadora e por dois observadores passivos, que não interagiram com os discentes, aquando das aulas do PI. De salientar que, durante o registo de observações, os observadores estiveram conscientes das suas preconcepções e procuraram ser o mais imparcial e fiel à realidade (Cohen et al., 2017; Gay et al., 2012).

4.3.2. Ficha de trabalho

Para este PI foi elaborada uma ficha de trabalho (Apêndice 4), pré e pós-teste, aplicada sempre depois da lecionação dos conteúdos e, num segundo momento, depois da utilização dos simuladores virtuais. A ficha de trabalho era constituída por dez questões de escolha múltipla alusivas à temática da membrana celular e dos processos transmembranares. Pensada e aplicada para verificar a eficácia do PI, esta permitiu-nos avaliar as alterações consequentes das intervenções e atividades deste projeto de investigação. Os critérios de correção da ficha de trabalho encontram-se no Apêndice 8.

4.3.3. Mapa de conceitos

Os mapas de conceitos consistem num recurso educativo eficaz para auxiliar os alunos, clarificando as ligações entre os diferentes conceitos científicos, melhorando a sua compreensão sobre conceções científicas abstratas, sendo instrumentos verdadeiramente úteis na regulação do desenvolvimento de aprendizagens significativas (Buntting et al., 2006; Kabatas Memis & Karakus, 2021). Estes, desenvolvidos nos anos 70 por Joseph Novak, têm por base a teoria de aprendizagem de Ausubel, defensora de que a aprendizagem significativa decorre da integração de novos conhecimentos na estrutura cognitiva pré-existente dos alunos, relacionando-se com as preconcepções presentes (Ausubel et al., 1980; Novak, 1990).

Na presente investigação os alunos elaboraram um mapa de conceitos sem qualquer estrutura pré-definida, sendo esta uma atividade de nível cognitivo elevado que promoveu o pensamento crítico e que melhor capturou o seu conhecimento. O modo como o mapa de conceitos é construído e organizado pelo aluno reflete as suas ideias, experiências e crenças pessoais, o que muitas vezes se traduz em situações nas quais

diferentes alunos estabelecem diferentes relações entre os mesmos conceitos chave (Ausubel et al., 1980; Novak; 1990). Assim, este instrumento de recolha de dados permitiu-nos explorar com mais precisão as diferenças e semelhanças entre os modelos mentais dos alunos, conferindo mais oportunidades para a exposição de conceções alternativas e para avaliar o conhecimento que construíram sobre a temática em estudo (Kapuza, 2020; Ruiz-Primo et al., 2001; Yin et al., 2005).

A estruturação do conhecimento, fundamental na aprendizagem de ciências, permite a correta integração dos conceitos (Yin et al., 2005). Nos mapas de Novak (1990), os alunos unem os conceitos através de setas, relacionando-os e organizando-os hierarquicamente, estabelecendo relações significativas entre conceitos (Moreira, 2012). Uma vez que não existe um único modo de elaborar os mapas de conceitos corretamente, a sua avaliação teve um cariz flexível (Novak & Gowin, 1984; Vasconcelos et al., 2019). Estes foram avaliados com recurso a uma rubrica onde se consideraram para a avaliação os critérios: número de conceitos utilizados, hierarquização do mapa, domínio científico e estrutura do mesmo. No Apêndice 9 observam-se estes critérios e os respetivos descritos, que se encontram num intervalo de “Não Satisfaz” a “Excelente”.

4.3.4 *Snapshot*

Neste PI, foi implementado um relatório *snapshot* (Apêndice 6), de modo a recolher informação sobre a perspetiva dos alunos, relativamente ao modo como encararam os simuladores, à sua compreensão e dificuldades referentes à temática da Membrana Celular, à motivação dos mesmos e ao seu papel no próprio processo de aprendizagem.

Dada a sua praticidade, um *snapshot* constitui uma forma rápida e eficiente de obter informação sobre o trabalho realizado no âmbito desta investigação. Na resposta a estes, os alunos aprimoram as suas competências, como a introspeção e o pensamento crítico, uma vez que lhes é exigido um esforço metacognitivo. Este instrumento de recolha de dados permitiu-nos compreender a perspetiva dos alunos face às tarefas atribuídas, fornecendo-nos *feedback* fundamental para a melhoria do desempenho da professora-investigadora quando recorrer à mesma metodologia de ensino e para a concretização de outros ciclos de I-A, que consideram sempre os dados obtidos nos ciclos anteriores (Cohen et al., 2017; Coutinho, 2018; Vasconcelos & Pinto, 2023).

Relativamente ao preenchimento dos *snapshots*, foi garantido aos alunos de que estes seriam anónimos, para que expressassem a sua opinião honesta sem sentirem a pressão social de se conformarem com as opiniões dos colegas (Brady et al., 2020). A

anonimidade proporcionou-lhes um ambiente mais seguro para que pudessem refletir individualmente nas suas respostas, aumentando a precisão do *feedback* que nos forneceram (Brady et al., 2020). Além disso, em situações hierárquicas, como a relação de aluno-professor, o *feedback* anónimo é considerado vantajoso dado o facto de aliviar a pressão e permitir que os alunos se sintam mais à vontade, sem receios de retaliação (Dudek et al., 2016).

O relatório *snapshot* implementado nesta investigação era constituído por cinco itens sob a forma de escala de Likert, cujas respostas podiam variar entre cinco níveis, sendo que o primeiro corresponde a “Nunca” e o último a “Sempre”, e por uma questão aberta, em que era promovida a reflexão, nos alunos, sobre a aula prática em que exploraram os simuladores e o auxílio destes na sua aprendizagem. Para garantir o anonimato dos alunos, e para que fosse possível a identificação das diferentes respostas obtidas recorremos à codificação dos participantes, compreendida entre A1 e A19, inclusive. Todas as respostas foram analisadas individualmente e distribuídas em categorias de acordo com o principal motivo apontado por cada aluno. Encontrando-se divididas em cinco categorias: i) não foi apontado qualquer motivo, mas a resposta foi positiva; ii) reconheceram o aumento da motivação/interesse face à temática; iii) salientaram a orientação da professora-investigadora; iv) deram ênfase ao carácter interativo dos simuladores virtuais; e v) apontaram a importância da visualização dos processos.

4.4. Validade e fidelidade dos instrumentos de recolha de dados

Numa investigação os instrumentos de recolha de dados devem garantir a validade e a fidelidade, de modo a assegurar a qualidade dos dados obtidos e, por conseguinte, a integridade da investigação em si e a sua adequada interpretação (Coutinho, 2018; Gay et al., 2012).

A validade de um instrumento de recolha de dados refere-se à precisão com que este mede aquilo que se pressupõe a medir, permitindo uma correta interpretação de resultados obtidos durante a investigação (Coutinho et al., 2018; Gay et al., 2012). Por sua vez, a fidelidade concerne à consistência da informação recolhida por um instrumento. Isto é, um instrumento de recolha de dados é considerado fiável se obtiver resultados semelhantes quando aplicado à mesma situação em diferentes momentos (Cohen et al., 2017; Coutinho, 2018; Gay et al., 2012).

Os instrumentos de recolha de dados utilizados foram, na sua totalidade validados pelos docentes do grupo 520 da escola onde a IPP decorreu. A implementação do PI sete meses após o início do acompanhamento dos alunos permitiu que estes se

familiarizassem com a professora-investigadora, minimizando o possível condicionamento do seu comportamento decorrente da alteração do contexto natural das aulas (Coutinho, 2018; Gay et al., 2012).

4.5. Questões de ética

Como já referido, a amostra desta investigação é composta por alunos da escola em que decorreu a IPP. Assim, e uma vez que na realização de uma investigação o investigador deve recolher o consentimento informado por parte dos participantes ou dos seus representantes (se os primeiros não forem capazes de o fornecer) e, como neste caso a investigação envolveu jovens menores de idade, existem questões de ética que devem ser ponderadas e respeitadas. Através do consentimento informado e após serem clarificados em que consiste o estudo e o que lhes era exigido, os alunos puderam escolher participar na investigação, garantindo-se a sua participação voluntária e informada (Cohen et al., 2017).

Em Educação, a investigação envolve, frequentemente, jovens menores de idade. Assim, e dado o facto de estes não possuírem idade ou maturidade para fornecer um consentimento informado para participarem na investigação, o consentimento informado (Apêndice 10) foi solicitado aos Encarregados de Educação. Além disto, foi também recolhido o assentimento informado (Apêndice 11) dos participantes do estudo, que concordaram todos em participar na investigação (Dockett & Perry, 2011). Nenhum Encarregado de Educação, assim como nenhum aluno, manifestou oposições ou objeções à participação no PI. De salientar que, nesta investigação, foram garantidas todas as medidas de segurança de dados, desde a anonimidade dos estudantes, à da escola e dos professores.

Posto isto, foi realizado um pedido de parecer à Comissão de Ética da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, alusivo à realização da investigação descrita neste trabalho e ainda à aplicação dos instrumentos de recolha de dados. A apreciação foi favorável à aplicação da presente investigação (referência: CE2023/p119) (Apêndice 12).

5. Resultados e Discussão

Neste capítulo consta a apresentação, tratamento e discussão dos dados recolhidos com recurso aos instrumentos de recolha supramencionados durante a implementação do PI. A análise dos resultados foi realizada com recurso à estatística descritiva e à análise de conteúdo.

5.1. Grelha de observação individual

A grelha de observação individual permitiu avaliar a participação, empenho, comportamento, responsabilidade e autonomia dos alunos, no decorrer da implementação do PI. Os dados obtidos são apresentados no Apêndice 13. Os resultados foram analisados com base nas frequências absolutas obtidas para cada critério (Figura 7).

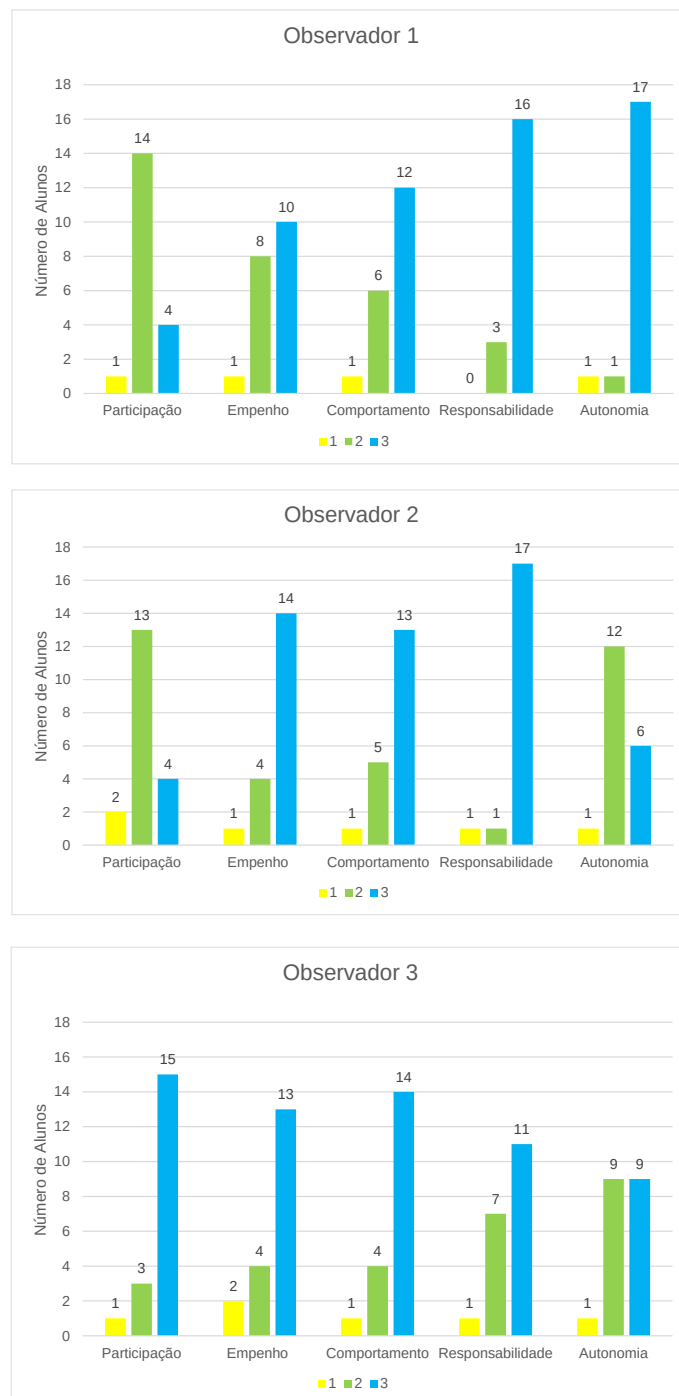


Figura 7. Registos das grelhas de observação individual do Observador 1, Observador 2 e Observador 3.

Através da análise dos gráficos, é possível denotar que o menor nível de desempenho (1) foi atribuído pelo menos uma vez pelos três observadores, evidenciando que um ou dois alunos adotaram uma postura não participativa que careceu de empenho, responsabilidade e autonomia, com um comportamento não adequado à sala de aula.

Os dados recolhidos pelos três observadores diferem em todos os parâmetros de avaliação. Relativamente à participação, o observador 3 assinalou com mais frequência o nível de desempenho máximo, o mesmo se verificou no comportamento dos alunos. Por sua vez, o observador 2, registou o nível 2 mais frequentemente no empenho e responsabilidade dos alunos. Por último, no parâmetro da autonomia, existe um maior número de alunos a alcançar o nível máximo na grelha do observador 1.

Analisando a Figura 7, verificou-se que os resultados dos três observadores foram significativamente díspares no que concerne a todos os parâmetros.

5.2. Ficha de trabalho (pré-teste)

Previamente à exploração dos simuladores e seguida à lecionação dos conteúdos na sua totalidade, os alunos foram testados com uma ficha de trabalho. Após a administração desta, foi corrigida e as suas alíneas cotadas de acordo com os critérios de avaliação correspondentes. Foi atribuído, a cada ficha de trabalho pré-teste, uma classificação de 0 a 100 pontos percentuais. Definiram-se quatro intervalos de classificação, de acordo com a escola em que decorreu a IPP: Insuficiente (pontuação entre 0% e 49%); Suficiente (pontuação entre 50% e 69%); Bom (pontuação entre 70% e 89%) e Muito Bom (pontuação entre 90% e 100%). A grelha de classificação da ficha de trabalho pré-teste encontra-se no Apêndice 14 e os resultados obtidos na ficha de trabalho pré-teste são apresentados nas Tabelas 6 e 7 e na Figura 8.

Analisando a Tabela 5, verificou-se que a média das classificações obtidas na ficha de trabalho pré-teste foi inferior a 50%. Dado a um desvio padrão de 20,3%, podemos assumir que as classificações foram heterogêneas.

Média	Desvio padrão	Máximo	Mínimo
40%	20,3%	80%	20%

Tabela 5. Estatística descritiva dos resultados obtidos na ficha de trabalho pré-teste.

Os resultados foram não satisfatórios e o intervalo de classificação atribuído com mais frequência foi o Insuficiente, com 11 alunos (57,9%) a obter esta classificação.

Destacam-se quatro alunos que obtiveram a classificação Bom, mas nenhum obteve a classificação de Muito Bom.

Níveis de classificação	Insuficiente	Suficiente	Bom	Muito Bom
Frequência dos níveis de classificação (n; %)	n=11; 57,9%	n= 4; 21,1%	n= 4; 21,1%	n= 0; 0%

Tabela 6. Frequência absoluta e relativa dos resultados obtidos na ficha de trabalho pré-teste.

A partir da análise da Figura 8 verificou-se que as questões que obtiveram maior frequência de respostas corretas foram, por ordem decrescente, as questões 4, 6, 1 e 3, com uma percentagem de respostas corretas superior a 50%. Mais de metade dos alunos assinalaram a resposta correta na questão 2 e menos de metade às restantes questões.

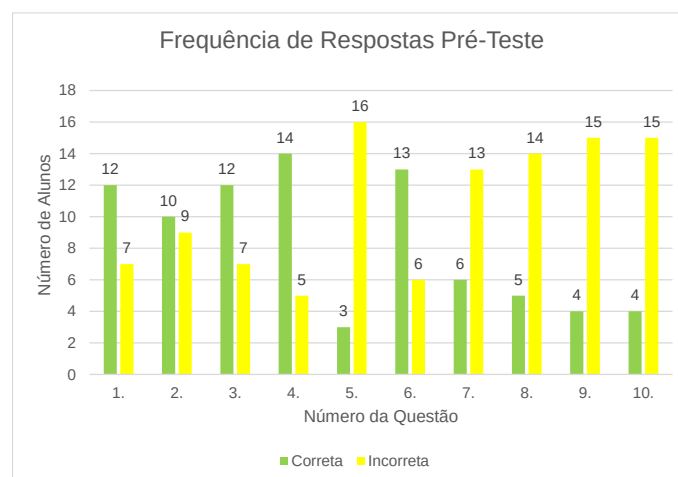


Figura 8. Frequência de respostas corretas e incorretas na ficha de trabalho pré-teste.

Os resultados foram expectáveis uma vez que conteúdos científicos relacionados com a membrana celular e respetivos processos transmembranares são consideravelmente abstratos e complexos e que, até ao momento da investigação em que foram implementadas as fichas de trabalho pré-teste, os conteúdos foram lecionados sem recurso aos simuladores virtuais. Isto é corroborado por um estudo de Keles et al. (2022), em que os participantes foram divididos entre dois grupos, ambos testados previa e posteriormente ao tempo de intervenção, sendo que apenas o grupo experimental realizou simulações laboratoriais no decorrer de uma semana e,

consequentemente, aumentou as suas classificações comparativamente aos resultados previamente obtidos. O grupo de controlo, por sua vez, manteve as suas classificações (Keles et al., 2022). Este estudo evidencia, assim, resultados não tão positivos em indivíduos que não exploraram simuladores virtuais, tal como os alunos pertencentes à amostra da nossa investigação aquando da implementação da ficha de trabalho pré-teste.

5.3. Ficha de trabalho (pós-teste)

Posteriormente à exploração dos simuladores virtuais, procedeu-se à administração da mesma ficha de trabalho, desta vez pós-teste. À semelhança da ficha de trabalho pré-teste, a ficha de trabalho pós-teste foi corrigida e as respostas cotadas de acordo com critérios de avaliação específicos.

Foi atribuída, a cada ficha de trabalho a classificação percentual de 100 pontos. Foram utilizados os mesmos intervalos de classificação: Insuficiente, Suficiente, Bom e Muito Bom. A grelha de classificação da ficha de trabalho pós-teste encontra-se no Apêndice 15 e os resultados obtidos são apresentados na Tabela 7 e 8 e na Figura 9.

Verificou-se que a média das classificações obtidas na ficha de trabalho pós-teste foi de 60% e que o desvio padrão é de 15,8% (Tabela 7).

Média	Desvio padrão	Máximo	Mínimo
60%	15,8%	100%	40%

Tabela 7. Estatística descritiva dos resultados obtidos na ficha de trabalho pós-teste.

Os resultados foram satisfatórios e o intervalo de classificação atribuído com maior frequência foi o Suficiente (Tabela 8). A maior parte dos alunos teve uma classificação superior a 50% (89,5%), contudo houve dois com classificação de Insuficiente (10,5%). Destacam-se sete alunos que obtiveram o nível de classificação Bom (36,8%) e dois que obtiveram a classificação de Muito Bom (10,5%).

Níveis de classificação	Insuficiente	Suficiente	Bom	Muito Bom
Frequência dos níveis de classificação (n; %)	n= 2; 10,5%	n= 8; 42,1%	n= 7; 36,8%	n= 2; 10,5%

Tabela 8. Frequência absoluta e relativa dos resultados obtidos na ficha de trabalho pós-teste.

A partir da análise da Figura 9 verificou-se que as questões que obtiveram maior frequência de respostas corretas foram as 4, 3, 1 e 2, com uma percentagem de respostas corretas bastante elevada. Mais de metade dos alunos assinalaram a resposta correta nas questões 6, 8, 9 e 10. As questões 5 e 7 foram assinaladas de forma incorreta por mais de metade da turma.

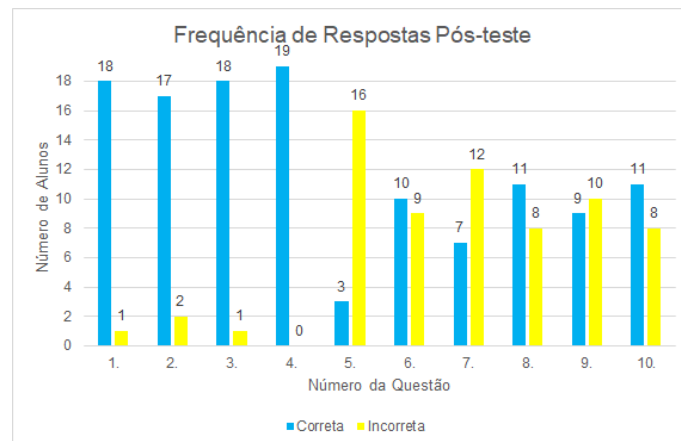


Figura 9. Frequência de respostas corretas e incorretas na ficha de trabalho pós-teste.

A melhoria de resultados registada após a exploração dos simuladores pelos alunos na ficha de trabalho pós-teste é corroborada, à semelhança da ficha de trabalho pré-teste, por um estudo da autoria de Keles et al. (2022). Na investigação dos autores, foram constituídos dois grupos, um de controlo e um grupo experimental, ambos testados previa e posteriormente no espaço de duas semanas, em que apenas o grupo experimental, que utilizou simuladores virtuais aumentou significativamente as suas classificações no final do período de implementação (Keles et al., 2022).

Adicionalmente, o aumento da frequência de questões cuja resposta estava correta também é corroborado por estudos de Al-nakhle (2022) e Chang et al. (2008), que apontam resultados de aprendizagem significativamente superiores quando esta é articulada com a utilização de simuladores.

5.4. Análise comparativa das fichas de trabalho

Partindo da análise da Figura 10, que compara os resultados da ficha de trabalho pré-teste e da ficha de trabalho pós-teste verificou-se que 16 alunos melhoraram a sua classificação (84,2%) na ficha de trabalho após a exploração dos simuladores.

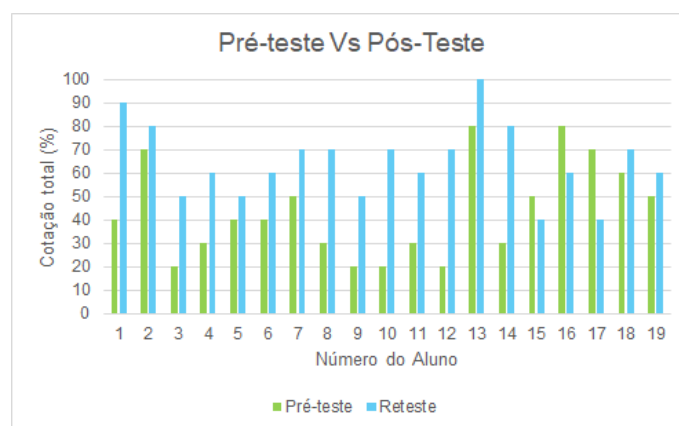


Figura 10. Distribuição gráfica das classificações obtidas nas fichas de trabalho pré-teste e pós-teste.

Os resultados são corroborados por um estudo recente realizado por Husnaini e Chen (2019) que investigou os efeitos de laboratórios físicos e virtuais em variados objetivos de aprendizagem, incluindo a compreensão de conceitos, o desempenho em investigação, a autoeficácia e a satisfação sentida pelos alunos. Os autores verificaram que, efetivamente, laboratórios virtuais são mais proveitosos relativamente à compreensão de conceitos científicos mais abstratos e à autoeficácia no questionamento científico (Husnaini & Chen, 2019). Além disso, e em semelhança aos laboratórios físicos, laboratórios virtuais satisfazem significativamente os alunos (Husnaini & Chen, 2019). Como futura docente, reconheço os laboratórios virtuais como uma alternativa bastante benéfica para os alunos, dado as características previamente mencionadas, bem como a facilidade em explorar, ajustar variáveis e observar resultados em tempo real.

Os resultados de uma investigação de Finkelstein et al. (2005) também corroboram os resultados e a melhoria perceptível dos alunos na ficha de trabalho pós-teste. Os autores, partindo do estudo comparativo que fizeram entre alunos que utilizaram equipamentos reais de laboratório e alunos que utilizaram uma simulação, afirmam que estudantes que utilizaram o simulador superaram os colegas no âmbito de domínio conceptual (Finkelstein et al., 2005).

Adicionalmente, a melhoria de classificação de mais de 84% da turma vai ao encontro ao expectável, uma vez que o resultado da aprendizagem é significativamente superior quando esta é articulada com a utilização de simuladores, em detrimento da clássica aprendizagem laboratorial, tratando-se de uma estratégia de ensino inovadora e promotora de motivação intrínseca (Al-nakhle, 2022; Chang et al., 2008).

5.5. Mapa de Conceitos

Na Figura 11 apresentam-se os resultados obtidos nos mapas de conceitos individuais, de acordo com a rubrica de avaliação. A grelha de classificações do mapa de conceitos encontra-se no Apêndice 16.

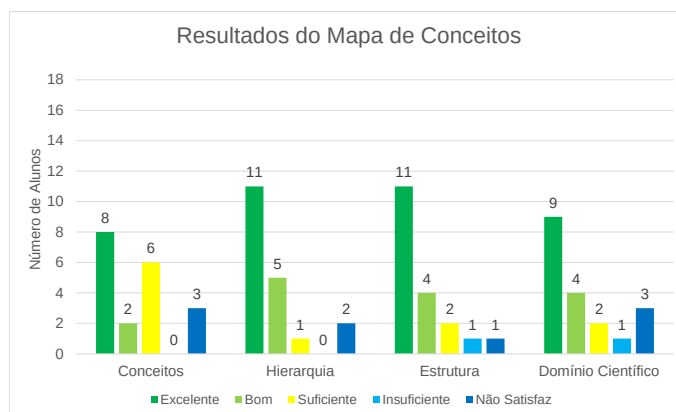


Figura 11. Resultados dos diferentes critérios alvo de avaliação nos mapas de conceitos.

Partindo da análise da Figura 11 verificou-se que 84,21% (n=16) dos alunos foram capazes de mobilizar mais de metade dos conceitos chave fornecidos, correspondendo à junção dos descritores “Excelente”, “Bom” e “Suficiente”. Sendo que mais de metade da turma, cerca de 52,63% (n=10) mobilizaram os conceitos na sua totalidade, junção dos descritores “Excelente” e “Bom”. Cerca de 31,58% (n=6) dos alunos, apesar de não terem sido capazes de mobilizar todos os conceitos pedidos, acrescentaram novos conceitos pertinentes, correspondente ao “Suficiente”. Nenhum aluno alcançou o descritor “Insuficiente”. Por sua vez, cerca de 15,79% dos alunos (n=3) apenas mobilizaram menos de metade dos conceitos-chave exigidos, correspondente ao descritor “Não Satisfaz”.

Quanto à hierarquização dos conceitos, 84,21% (n=16) dos alunos conseguiram fazê-lo de forma correta (“Excelente” e “Bom”), sendo que 57,89% (n=11) conseguiu estabelecer todas as relações corretamente (“Excelente”), em contraste com 15,79% dos alunos (n=3) que não o fizeram (“Suficiente”, “Insuficiente” e “Não Satisfaz”).

Em termos de estrutura 78,95% dos casos (n=15) apresentam um balanço positivo (“Excelente” e “Bom”). Dois alunos, 10,53% da amostra, não conseguiu elaborar um mapa de conceitos claro (“Insuficiente” e “Não Satisfaz”). Em adição, a mesma percentagem de alunos não conseguiu relacionar os conceitos principais (“Suficiente”).

Relativamente ao domínio científico, 15,79% (n=3) dos alunos revelaram que não desenvolveram um conhecimento adequado do tópico. Enquanto 5,26% (n=1) e 10,53% (n=2) revelam possuir um conhecimento básico e adequado da temática, respetivamente. Em contrapartida, 68,42% (n=13) dos alunos mostram ser detentores de um conhecimento científico considerável.

Numa perspetiva mais generalizada os resultados obtidos nos mapas de conceitos elaborados pelos alunos são bastante positivos e demonstram um conhecimento significativo da temática, o que é corroborado por um estudo de Reen et al. (2022). Os autores exploraram a integração de simuladores em conceitos desafiantes da área da Biologia numa turma de estudantes que apresentaram resultados significativamente positivos na compreensão aprofundada dos conceitos abstratos, devido à possibilidade de visualização destes e ao facto de terem explorado os simuladores ao próprio ritmo de aprendizagem (Reen et al., 2022).

5.6. *Snapshot*

Nesta investigação foi implementado um *snapshot* que nos permitiu obter dados para realizar uma análise quantitativa e qualitativa, devido às questões de escolha múltipla e à questão aberta, respetivamente. Os dados recolhidos dos *snapshots* encontram-se no Apêndice 17.

Na Figura 12 podemos analisar as respostas das questões de escolha múltipla do *snapshot*. Os níveis de resposta correspondem a: **1-** Nunca; **2-** Raramente; **3-** Às vezes; **4-** Frequentemente; **5-** Sempre. As questões que integram o *snapshot* são: **1)** “Consideraste útil explorar simuladores para a tua aprendizagem sobre a Membrana Celular?”; **2)** “Os simuladores ajudaram-te a compreender os processos de transporte transmembrar?”; **3)** “Tiveste dificuldade em explorar os simuladores?”; **4)** “Consideras que a aula prática te motivou a estares mais atento/a?”; **5)** “Sentiste que tiveste um papel ativo na tua aprendizagem?”. Aproximadamente 95% dos alunos consideraram que explorar os simuladores virtuais foi útil frequentemente ou sempre para a sua aprendizagem sobre a membrana celular. À semelhança, 95% dos alunos reconheceram que a exploração dos simuladores os ajudou a compreender os processos de transporte transmembrar. Apenas 26,3% dos alunos revelaram, às vezes, que sentiram dificuldades em explorar os simuladores. Os restantes alunos raramente ou nunca sentiram dificuldade. Inferimos que 47,4% dos alunos sentiram que a aula prática em que exploraram simuladores os motivou de forma constante.

Finalmente e, na sua totalidade, os alunos sentiram que desempenharam um papel ativo na sua aprendizagem frequentemente ou sempre.

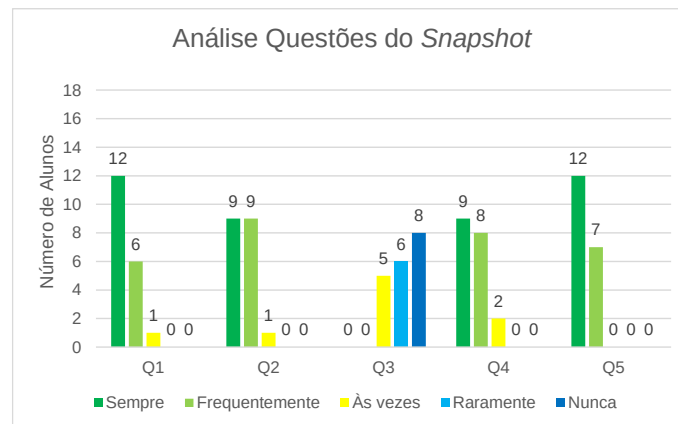


Figura 12. Frequência de respostas às questões de escolha múltipla do *snapshot*.

Relativamente à segunda parte do *snapshot*, foi solicitado, aos alunos, que respondessem à questão “A aula prática em que exploraste os simuladores auxiliou-te no processo de aprendizagem de conteúdos relacionados com a Membrana Celular?”. Globalmente, todos os alunos responderam de forma positiva e as suas respostas foram categorizadas como demonstrado na Tabela 9. Obtivemos respostas como “Ao recorrer ao simulador para aprender, a aula acaba por fluir melhor é só uma maneira diferente e cativante de ensinar que foge dos meios comuns, juntando com a parte prática de mexer com o simulador a aprendizagem acaba por ser mais divertida e fácil.” (A13); “Sim, os simuladores são um pouco complexos mas com a explicação foi fácil entender e ajudou a exemplificar a matéria de forma a entender melhor os conteúdos relacionados com a membrana celular.” (A10); e, “Na minha opinião eu gostei de explorar os simuladores e gosto de pôr as mãos à obra em vez de ser só teórico gosto de variar e experimentar colocar à prova a minha aprendizagem.” (A17), que se encontram nas categorias 2, 3 e 4, respetivamente.

Categoria	Tipologia de Respostas
C1	Sim.
C2	Sim. Os alunos reconhecem um aumento da motivação/interesse.
C3	Sim. Os alunos apontam a orientação da professora-investigadora como essencial.
C4	Sim. Os alunos salientam ao facto de ser uma plataforma interativa.

C5 Sim. Os alunos apontam a visualização dos processos como principal fator.

Tabela 9. Categorização das respostas dos alunos à componente qualitativa do *snapshot*.

Na Figura 13, verificou-se que 26,3% dos alunos apenas responderam que sim, bem como outros 26,3% apontaram a orientação fornecida pela professora-investigadora como fundamental para conseguirem explorar os simuladores. Os restantes alunos apontaram, em percentagens iguais (15,8%), os simuladores como algo que os cativa, o facto de constituírem uma plataforma interativa e, ainda, a facilidade em visualizar os diferentes processos transmembranares.

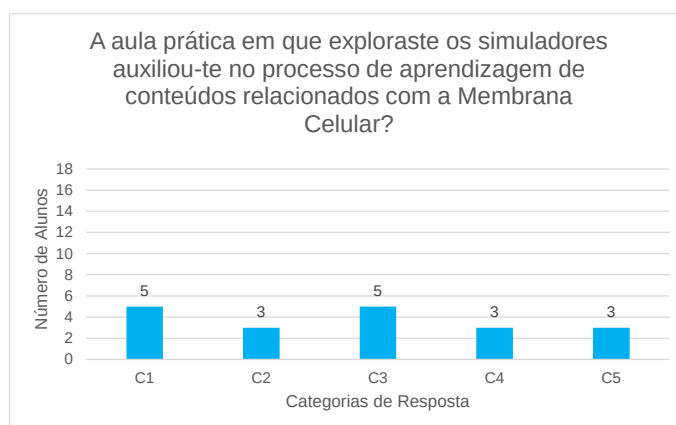


Figura 13. Frequência das diferentes categorias de resposta à última questão do *snapshot*.

As respostas ao *snapshot* demonstram que na sua generalidade os alunos reconheceram os simuladores virtuais como um recurso educativo útil que os auxiliou na compreensão mais aprofundada dos conceitos alusivos à temática da membrana celular e transportes transmembranares e que os motivou e permitiu que desempenhassem um papel ativo no seu processo de aprendizagem. Estes dados eram expectáveis e são sustentados por estudos de vários autores, nos quais evidenciam o reconhecimento do aumento do envolvimento e motivação dos alunos bem como do seu papel ativo (Al-nakhle, 2022; Husnaini & Chen, 2019; Reen et al., 2022).

6. Conclusões

No presente capítulo são apresentadas as conclusões do estudo realizado e apontam-se as limitações e sugestões para investigações futuras, juntamente com uma reflexão sobre o contributo deste estudo para o desenvolvimento profissional da prática docente da professora-investigadora.

6.1. Conclusões gerais

Os resultados desta investigaçãO evidenciam que os alunos, na sua generalidade, conseguiram desenvolver sentido de responsabilidade e autonomia, foram sempre participativos e empenhados e detonaram um comportamento adequado ao contexto sala de aula. O desempenho dos discentes durante o decorrer do PI teve, portanto, um balanço positivo. No entanto, inicialmente os alunos manifestaram algumas dificuldades na exploraçãO dos simuladores online, dado o fator novidade associado à utilizaçãO destes. A análise comparativa dos resultados obtidos nas fichas de trabalho pré-teste e pós-teste revelaram que 84,2% da turma conseguiu melhorar a sua classificaçãO, verificando-se um aumento médio de 20%, evidenciando que os alunos foram capazes de construir conhecimento científico significativo, também comprovado pelas classificações registadas nos mapas de conceitos. Os dados recolhidos dos *snapshots* comprovam que todos os alunos, sem exceção, reconheceram que a aula prática, na qual exploraram simuladores virtuais, os auxiliou no processo de aprendizagem de conteúdos relacionados com a Membrana Celular. Adicionalmente, os alunos reconheceram ter desempenhado um papel ativo durante todo, ou quase todo, o processo, encarando os simuladores como uma mais-valia.

Para promover o desenvolvimento contínuo de competências do século XXI nos alunos, torna-se essencial a implementaçãO mais frequente de trabalhos laboratoriais e experimentais, onde os alunos possam assumir um papel ativo no seu processo de aprendizagem. Tal abordagem permitirá que estes adotem uma postura progressivamente mais autónoma, permitindo-lhes mobilizar conhecimento científico cada vez mais robusto. Esta oportunidade, embora essencial no desenvolvimento dos alunos enquanto membros da sociedade, não é proporcionada tão eficazmente pelo ensino tradicional e transmissivo.

6.2. Limitações e sugestões para investigações futuras

A presente investigaçãO enfrentou variados desafios e limitações, muitas das quais relacionadas com o contexto em que foi desenvolvida. Realizar uma investigaçãO educacional em ambiente de sala de aula é desafiante, uma vez as escolas tendem a normatizar os processos de ensino e de aprendizagem, privilegiando a memorizaçãO de conceitos em detrimento da construçãO e compreensãO do conhecimento.

Desde logo, a utilizaçãO de uma amostra de conveniência e não aleatória constituiu uma limitaçãO significativa. Não obstante, os resultados deste estudo podem ser utilizados como indicadores para investigações futuras, desde que interpretados cuidadosamente

e sem generalizações indevidas. Ampliar a diversidade e dimensão da amostra é fundamental, de modo a garantir que os resultados obtidos sejam mais representativos e as conclusões que destes advêm mais consistentes e robustas.

A ausência de um grupo de controlo também representou uma limitação, uma vez que impossibilitou a comparação de resultados, apesar de eticamente incorreto, dado que a professora-investigadora proporcionaria um ensino distinto a alunos que deveriam usufruir das mesmas oportunidades em situações de aprendizagem semelhantes.

Outro constrangimento foi o tempo limitado para a implementação do PI, uma vez que decorreu durante a IPP. A necessidade de cumprir as AE estipuladas para o 10.º ano de escolaridade da disciplina bianual alvo de avaliação externa em prova e exame nacional reduziu o tempo disponível. Consequentemente, só foi possível implementar um ciclo de I-A, dado ao facto deste tipo de atividades carecerem de um maior número de blocos letivos.

Adicionalmente, os alunos demonstraram estar pouco familiarizados com a metodologia de EOAI, o que poderá ter afetado os resultados obtidos. Outro fator limitante deve-se ao facto de os últimos nunca terem explorado simuladores online anteriormente o que, num momento inicial, foi bastante notório e pode ter prejudicado a investigação. Para além disto, a ausência de opção por uma estrutura pré-definida dos mapas de conceitos aumentou a complexidade da atividade.

Assim, em ciclos seguintes seria interessante disponibilizar os simuladores virtuais aos alunos, previamente à aula prática destinada à sua exploração, para se familiarizarem com estes. Adicionalmente, consideramos benéfico se, em ciclos futuros, lhes fosse disponibilizado um protocolo orientador da exploração dos simuladores.

Para futuras investigações, a aplicação deste PI em turmas cujos alunos fossem provenientes de contextos socioculturais distintos e com diferentes níveis de aproveitamento escolar também seria vantajoso para enriquecer a literatura científica da articulação de simuladores virtuais com o ensino das ciências. Sugere-se também que a exploração de simuladores virtuais seja alargada a outros conteúdos científicos e a diferentes anos de escolaridade, de modo a averiguar o potencial destes recursos educativos.

6.3. Contributos do estudo para o desenvolvimento profissional

A formação inicial de professores visa capacitar os futuros docentes com competências essenciais para o exercício eficaz da sua profissão. Neste contexto, a presente

investigação e a redação do relatório de estágio, etapa final da formação da professora-investigadora, proporcionaram uma reflexão aprofundada sobre o impacto do seu trabalho no desenvolvimento profissional. Esta postura reflexiva, além de promover o desenvolvimento contínuo da docente ao longo da sua carreira, favorece a adaptação das abordagens pedagógicas às características dos diferentes públicos-alvo que terá de orientar.

A planificação do PI estimulou uma reflexão sobre o processo de ensino e aprendizagem, exigindo a seleção de estratégias pedagógicas e a elaboração de recursos didáticos adequados à faixa etária dos alunos que constituíram a amostra. O relatório de estágio desempenhou ainda um papel crucial na aproximação da professora-investigadora à metodologia de EOAI, dada a pesquisa bibliográfica que se revelou necessária.

Apesar de bastante gratificante, a implementação do PI constituiu um dos momentos mais desafiantes de toda a investigação, principalmente devido à diversidade de ritmos de trabalho dos alunos e ao facto de estes nunca terem explorado simuladores virtuais. Para maximizar o processo de aprendizagem, a professora-investigadora assumiu um papel ativo na orientação dos alunos durante as aulas. Paralelamente, durante a implementação do PI estavam a decorrer e a ser organizadas outras atividades na escola por parte do Núcleo de Estágio que a professora-investigadora integrava.

A realização desta investigação foi fundamental para o desenvolvimento de competências indispensáveis à prática docente, especialmente no que concerne à planificação de aulas, elaboração de recursos didáticos e sobretudo à orientação da aprendizagem dos alunos. O PI permitiu à professora-investigadora desenvolver uma compreensão mais aprofundada sobre a gestão do tempo nas aulas e a manutenção da motivação e atenção dos discentes. Além disso, possibilitou o ajuste da abordagem pedagógica em função do nível de conhecimentos e desenvolvimento cognitivo dos alunos. Simultaneamente, o PI contribuiu para que a professora-investigadora se familiarizasse com atividades adequadas à faixa etária dos alunos, que poderão ser utilizadas em futuras intervenções pedagógicas, sempre com o objetivo de cativar os alunos e promover uma aprendizagem tão eficaz quanto possível.

O presente trabalho proporcionou, ainda, um aprofundamento significativo do conhecimento sobre a metodologia de EOAI e consequentemente das competências associadas à sua implementação em contexto sala de aula, promovendo a construção de autonomia da professora-investigadora e experiência no papel de mediadora do

processo de aprendizagem. Adicionalmente, o relatório de estágio proporcionou o desenvolvimento de competências na área de investigação em educação, desde a leitura e análise de literatura científica, à escrita académica e, ainda, à recolha e tratamento de dados. Este relatório possibilita a melhoria de futuras investigações considerando as limitações e sugestões aqui apontadas.

Na conclusão da implementação do PI, os resultados favoráveis e o *feedback* positivo por parte dos alunos impactaram a professora-investigadora de forma extremamente positiva, o que fomentou o seu gosto e vontade em familiarizar-se, cada vez mais, com metodologias de ensino centradas no aluno, que promovam diferentes oportunidades e que, simultaneamente, os cativem. A realização deste estudo também gerou uma reflexão crítica sobre aspetos que poderiam ter sido melhorados, um processo que certamente será recordado pela professora-investigadora na sua prática futura. A verdadeira formação de um professor consolida-se no espaço concreto da escola, enfrentando desafios reais do quotidiano. Neste sentido, a IPP proporcionou à professora-investigadora uma vivência participativa e reflexiva do dia-a-dia escolar, essencial para o seu crescimento profissional.

Em suma, a implementação do PI e a elaboração deste relatório constituíram uma oportunidade para o desenvolvimento das competências da professora-investigadora, quer no âmbito da prática docente, quer no domínio da investigação educacional, promovendo uma base sólida para o exercício futuro da profissão, com um enfoque contínuo na reflexão e na evolução.

Referências Bibliográficas

- Aditomo, A., & Klieme, E. (2020). Forms of inquiry-based science instruction and their relations with learning outcomes: Evidence from high and low-performing education systems. *International Journal of Science Education*, 42(4), 504-525. <https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1716093>
- Akkoyunlu, B., Telli, E., Çetin, N. M., & Dağhan, G. (2016). Views of prospective teachers about reflective journals on teacher education. *Turkish Online Journal of Qualitative Inquiry*, 7(4), 312-330. <https://doi.org/10.17569/tojqi.60515>
- Al-Nakhle, H. (2022). The effectiveness of scenario-based virtual laboratory simulations to improve learning outcomes and scientific report writing skills. *PLoS ONE*, 17(11), 1-13. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0277359>
- Arends, R. I. (2012). *Learning to teach*. (9th ed.). McGraw-Hill. <https://hasanahummi.wordpress.com/wp-content/uploads/2017/04/connect-learn-succeed-richard-arends-learning-to-teach-mcgraw-hill-2012.pdf>
- Ausubel, D. P., Novak, J. D., & Hanesian, H. (1980). *Psicologia educacional*. Interamericana.
- Babanazarovich, N. H. (2020). Technology of organization of integrated lessons in teaching biology. *European journal of research and reflection in educational sciences*, 8(2), 203-218. <https://www.idpublications.org/wp-content/uploads/2020/02/Full-Paper-TECHNOLOGY-OF-ORGANIZATION-OF-INTEGRATED-LESSONS-IN-TEACHING-BIOLOGY.pdf>
- Banchi, H., & Bell, R. (2008). The many levels of inquiry. *Science and Children*, 46(2), 26-29. <https://cursa.ihmc.us/rid=1Q3XD400Z-LYNSBR-F1TR/Levels%20of%20Inquiry.pdf>
- Barrett, P., Zhang, Y., Moffat, J., & Kobbacy, K. (2013). A holistic, multi-level analysis identifying the impact of classroom design on pupils' learning. *Building and environment*, 59, 678-689. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.09.016>
- Barroso, D. (2013). *A importância da planificação do processo ensino-aprendizagem nas aulas de História e Geografia* [Master's thesis, Universidade do Porto]. Repositório Aberto da Universidade do Porto. <https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/71580>

- Bell, R. L., & Smetana, L. K. (2008). Using computer simulations to enhance science teaching and learning. In R. L. Bell, J. Gess-Newsome, & J. Luft (Eds.), *Technology in the secondary science classroom*. National Science Teachers Association Press.
- Black, R. W. (2009). English-language learners, fan communities, and 21st-century skills. *Journal of Adolescent & Adult Literacy*, 52(8), 688-697. <https://doi.org/10.1598/JAAL.52.8.4>
- Brady, M., Rosenthal, J. L., Forest, C. P., & Hocevar, D. (2020). Anonymous versus public student feedback systems: metacognition and achievement with graduate learners. *Educational Technology Research and Development*, 68, 2853-2872. <https://doi.org/10.1007/s11423-020-09800-6>
- Bryce, R., Oliver, M. K., Davies, L., Gray, H., Urquhart, J., & Lambin, X. (2011). Turning back the tide of American mink invasion at an unprecedented scale through community participation and adaptive management. *Biological conservation*, 144(1), 575-583. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.10.013>
- Bryman, A. (2016). *Social research methods* (5th ed.). Oxford University Press. https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=N2zQCgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Social+research+methods+bryman&ots=dqKyKVlatf&sig=p9VsNikdVQK1ZuMXysA5jbLZKys&redir_esc=v#v=onepage&q=Social%20research%20methods%20bryman&f=false
- Bunting, C., Coll, R. K., & Campbell, A. (2006). Student views of concept mapping use in introductory tertiary biology classes. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 4(4), 641-668. <https://doi.org/10.1007/s10763-005-9014-7>
- Bybee, R. W. (2006). *Scientific inquiry and science teaching*. In *Scientific inquiry and nature of science: Implications for teaching, learning, and teacher education*. (25th ed.). Springer. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-1-4020-5814-1.pdf#page=20>
- Bybee, R. W. (2008). Scientific literacy, environmental issues, and PISA 2006: The 2008 Paul F-Brandwein lecture. *Journal of Science Education and Technology*, 17(6), 566-585. <https://doi.org/10.1007/s10956-008-9124-4>

- Cabbar, B. G., & Senel, H. (2020). Content Analysis of Biology Education Research That Used Context-Based Approaches: The Case of Turkey. *Journal of Educational Issues*, 6(1), 203-218. <https://doi.org/10.5296/jei.v6i1.16920>
- Cairns, D., & Areepattamannil, S. (2019). Exploring the relations of inquiry-based teaching to science achievement and dispositions in 54 countries. *Research in Science Education*, 49(1), 1-23. <https://doi.org/10.1007/s11165-017-9639-x>
- Capelo, C., & Silva, A. L. (2020). Optimising the learning potential of simulations through structural transparency and exploratory guidance. *Simulation & Gaming*, 51(4), 498-523. <https://doi.org/10.1177/1046878120916209>
- Cayvaz, A., Akcay, H., & Kapici, H. O. (2020). Comparison of simulation-based and textbook-based instructions on middle school students' achievement, inquiry skills and attitude. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 8(1), 34-43. <https://doi.org/10.46328/ijemst.v8i1.758>
- Chang, K. E., Chen, Y. L., Lin, H. Y., & Sung, Y. T. (2008). Effects of learning support in simulation-based physics learning. *Computers & Education*, 51(4), 1486-1498. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.01.007>
- Chi, S., Wang, Z., & Liu, X. (2021). Moderating effects of teacher feedback on the associations among inquiry-based science practices and students' science-related attitudes and beliefs. *International Journal of Science Education*, 43(14), 2426-2456. <https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1968532>
- Chu, S. K. W., Reynolds, R. B., Tavares, N. J., Notari, M., & Lee, C. W. Y. (2017). *21st century skills development through inquiry-based learning*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-2481-8>
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2017). *Research methods in education* (8th ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315456539>
- Constantinou, C. P., Tsivitanidou, O. E., & Rybska, E. (2018). What is inquiry-based science teaching and learning?. *Springer International Publishing* (pp. 1-23). https://doi.org/10.1007/978-3-319-91406-0_1
- Coutinho, C. (2018). *Metodologia de investigação em Ciências Sociais e Humanas: Teoria e Prática* (2nd ed.). Almedina.
- D'Angelo, C., Rutstein, D., Harris, C., Bernard, R., Borokhovski, E., & Haertel, G. (2014). *Simulations for STEM learning: Systematic review and meta-analysis (executive*

summary). S. R. I. International. <https://www.sri.com/publication/simulations-for-stem-learning-systematic-review-and-meta-analysis-executive-summary/>

de Jong, T. (2016). Instruction based on computer simulations and virtual laboratories. In R. E. Mayer & P. A. Alexander (Eds.), *Handbook of Research on Learning and Instruction* (2nd ed., pp. 502-522). Routledge.

dela Cruz, T. E. E., & Aril-dela Cruz, J. V. (2018). Communicating science through editorial cartoons. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 19(1), 1–2. <https://doi.org/10.1128/jmbe.v18i1.1227.5>

Direção-Geral da Educação. (2018). Aprendizagens Essenciais – Articulação com o Perfil dos Alunos – 10º ano – Ensino Secundário – Biologia e Geologia. https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/10_biologia_e_geologia.pdf

DiYanni, R., & Borst, A. (2020). Active learning. In *The craft of college teaching: A practical guide* (pp. 42-60). Princeton University Press. <https://doi.org/10.1515/9780691202006-007>

Dobber, M., Zwart, R., Tanis, M., & van Oers, B. (2017). Literature review: The role of the teacher in inquiry-based education. *Educational Research Review*, 22, 194-214. <http://dx.doi.org/10.1016/j.edurev.2017.09.002>

Dockett, S., & Perry, B. (2011). Researching with young children: Seeking assent. *Child Indicators Research*, 4(2), 231-247. <https://doi.org/10.1007/s12187-010-9084-0>

Duckworth, A. L., & Yeager, D. S. (2015). Measurement matters: Assessing personal qualities other than cognitive ability for educational purposes. *Educational researcher*, 44(4), 237-251. <https://doi.org/10.3102/0013189X15584327>

Dudek, N. L., Dojeiji, S., Day, K., & Varpio, L. (2016). Feedback to Supervisors: Is Anonymity Really So Important?. *Academic Medicine*, 91(9), 1305–1312. <https://doi.org/10.1097/acm.0000000000001170>

Efron, S. E., & Ravid, R. (2019). *Action research in education: A practical guide*. Guilford Publications. https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=aXyfDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Action+research+in+education:+A+practical+guide&ots=5lBF1qls4B&sig=YcRGcCe_eRV7Ey3Ude-5cHuaOOw&redir_esc=y#v=onepage&q=Action%20research%20in%20education%3A%20A%20practical%20guide&f=false

- Enow, L., & Goodwyn, A. (2018). The invisible plan: How English teachers develop their expertise and the special place of adapting the skills of lesson planning. *English in Education*, 52(2), 120-134. <https://doi.org/10.1080/04250494.2018.1438119>
- Erickson, M., Marks, D., & Karcher, E. (2020). Characterizing student engagement with hands-on, problem-based, and lecture activities in an introductory college course. *Teaching & Learning Inquiry*, 8(1), 138-153. <https://doi.org/10.20343/teachlearningu.8.1.10>
- Fauzi, A., Husamah, H., Miharja, F. J., Fatmawati, D., Permana, T. I., & Hudha, A. M. (2020). Exploring COVID-19 literacy level among biology teacher candidates. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 16(7), em1864. <https://doi.org/10.29333/ejmste/8270>
- Finkelstein, N. D., Adams, W. K., Keller, C. J., Kohl, P. B., Perkins, K. K., Podolefsky, N. S., & Reid, S. (2005). When learning about the real world is better done virtually: A study of substituting computer simulations for laboratory equipment. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 1(1), 010103-010108. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.1.010103>
- Firman, M. A., Ertikanto, C., & Abdurrahman, A. (2019). Description of meta-analysis of inquiry-based learning of science in improving students' inquiry skills. *Journal of Physics: Conference Series*, 1157. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1157/2/022018>
- Fitzgerald, M., Danaia, L., & McKinnon, D. H. (2019). Barriers inhibiting inquiry-based science teaching and potential solutions: Perceptions of positively inclined early adopters. *Research in Science Education*, 49(2), 543-566. <https://doi.org/10.1007/s11165-017-9623-5>
- Gay, L., Mills, G., & Airasian, P. (2012). *Educational research: Competencies for analysis and applications* (10th ed.). Pearson. https://yuli-elearning.com/pluginfile.php/4831/mod_resource/content/1/Gay-E%20Book%20Educational%20Research-2012.pdf
- Gómez, R. L., & Suárez, A. M. (2020). Do inquiry-based teaching and school climate influence science achievement and critical thinking? Evidence from PISA 2015. *International Journal of STEM Education*, 7(1), 43. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00240-5>

- Heindl, M. (2019). Inquiry-based learning and the pre-requisite for its use in science at school: A meta-analysis. *Journal of Pedagogical Research*, 3(2), 52-61. <https://doi.org/10.33902/JPR.2019254160>
- Huang, Y. (2021). Effectiveness of inquiry-based science laboratories for improving teamwork and problem-solving skills and attitudes. *Journal of Research in Science Teaching*, 1-29. <https://doi.org/10.1002/tea.21729>
- Husnaini, S. J., & Chen, S. (2019). Effects of guided inquiry virtual and physical laboratories on conceptual understanding, inquiry performance, scientific inquiry self-efficacy, and enjoyment. *Physical Review Physics Education Research*, 15(1), 010119. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.15.010119>
- Jamal, S. N. B., Ibrahim, N. H. B., & Surif, J. Bin. (2019). Concept cartoon in problem based learning: A systematic literature review analysis. *Journal of Technology and Science Education*, 9(1), 51–58. <https://doi.org/10.3926/jotse.542>
- Kabatas Memis, E., & Karakus, E. (2021). An Evaluation of Academic Achievements Through The Use of Argument And Concept Maps Embedded in Argumentation Based Inquiry. *Asia Pacific Education Review*, 2021(22), 463-481. <https://doi.org/10.1007/s12564-021-09679-9>
- Kapuza, A. (2020). How concept maps with and without a list of concepts differ: The case of statistics. *Education Sciences*, 10(4), 91. <https://doi.org/10.3390/educsci10040091>
- Keles, D., Bulgurcu, A., Demir, F., E., & Semin, I., M. (2022). The effect of virtual laboratory simulations on medical laboratory techniques students' knowledge and vocational laboratory education. *Turkish Journal of Biochemistry*, 47(4), 529-537. <https://doi.org/10.1515/tjb-2020-0619>
- Khalaf, B. K. (2018). Traditional and inquiry-based learning pedagogy: A systematic critical review. *International Journal of Instruction*, 11(4), 545-564. <https://doi.org/10.12973/iji.2018.11434a>
- Khatwani, M. K., & Panhwar, F. Y. (2019). Objectivity in social research: A critical analysis. *Asia-Pacific*, 37, 126–142. https://doi.org/10.47781/asia_pacific.vol37.Iss0.695
- Kuang, X., Eysink, T. H. S., & de Jong, T. (2020). Effects of providing partial hypotheses as a support for simulation-based inquiry learning. *Journal of Computer Assisted Learning*, 36(4), 487-501. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jcal.12415>

- Lazonder, A. W., & Harmsen, R. (2016). Meta-analysis of inquiry-based learning: Effects of guidance. *Review of Educational Research*, 86(3), 681-718. <https://doi.org/10.3102/0034654315627366>
- Levy, F., & Murnane, R.J. (2012). *The New Division of Labor: How Computers Are Creating the Next Job Market*. Princeton: Princeton University Press. <https://muse.jhu.edu/pub/267/book/36429>
- López, C. R. (2012). Contextos de la innovación educativa. *Innovación educativa*, (22), 9-21. <https://revistas.usc.gal/index.php/ie/article/view/724>
- Mathew, P., Mathew, P., Prince, J., & Peechattu, J. (2017). Reflective practices: A means to teacher development. *Asia Pacific Journal of Contemporary Education and Communication Technology*, 3(1), 126-131. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/63819236/13_APJCECT_Feb_BRR798_ED_U-126-13120200703-3611-awpbi1-libre.pdf?1593787180=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DREFLECTIVE_PRACTICES_A_MEANS_TO_TEACHER.pdf&Expires=1727876311&Signature=TOE9d7rege3cnzkKzpmQingySVPKr42qkh8qhbftsuKYkEf3YisWRsM-3dB6Dq~xeOYtYUaq9h6qxrTf8a5vGQSyT~EHmy5A~HCSdqOrltOL654ZhXUW3EXw58AHVrDESC3vhr-jkEOImWkPQbTPKt3BndOKtSxNhcv-gWx15VJXDqTAss9wID22GyPpULr-0i85-P4b90RdaP8-ND2vleljsgMIQVH~0zADftgAii6E3jzClkPDvCkSgdvjC5CTP3Hbw8A~kOiDPXG5eI07lywca4Id1zknD3yzW3t6jZ0tihfEoPnVyxjHy0u71IHhwAPOFzi0CRM2eq929du5Vg_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA
- McGunagle, D., & Zizka, L. (2020). Employability skills for 21st-century STEM students: The employers' perspective. *Higher Education, Skills and Work-Based Learning*, 10(3), 591-606. <https://doi.org/10.1108/HESWBL-10-2019-0148>
- Moreira, A. I., & Duarte, P. (2019). A planificação na formação inicial de professores: Um retrato a partir dos contributos da educação histórica. *Indagatio Didactica*, 11(4), 41-60. <https://proa.ua.pt/index.php/id/article/view/10575/6919>
- Moreira, M. (2012). *Mapas Conceptuais e Aprendizagem Significativa*. Material de Estudo.
- Muamner, Y. (2020). Impact of instruction with concept cartoons on students academic achievement in science lessons. *Educational Research and Reviews*, 15(3), 95–103. <https://doi.org/10.5897/err2020.3916>

- Mulder, Y. G., Lazonder, A. W., & de Jong, T. (2015). Simulation-based inquiry learning and computer modeling: Pitfalls and potentials. *Simulation & Gaming*, 46(3-4), 322-347. <https://doi.org/10.1177/1046878115577159>
- Mutton, T., Hagger, H., & Burn, K. (2011). Learning to plan, planning to learn: The developing expertise of beginning teachers. *Teachers and teaching*, 17(4), 399-416. <https://doi.org/10.1080/13540602.2011.580516>
- National Research Council (2000). Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning. The National Academies Press. <https://doi.org/doi:10.17226/9596>
- National Research Council. (2012). *Education for life and work: Developing transferable knowledge and skills in the 21st century*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13398>
- Novak, J. (1990). Concept mapping: A useful tool for science education. *Journal of research in science teaching*, 27(10), 937-949. <https://doi.org/10.1002/tea.3660271003>
- Novak, J. D., & Gowin, B., (1984). *Learning How to Learn*. Cambridge University Press.
- OECD. (2007). *PISA 2006: Science competencies for tomorrow's world: Analysis* (Vol. 1). Paris: PISA, OECD Publishing. <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/9789264040014-en.pdf?expires=1726859862&id=id&accname=quest&checksum=7E00C868E7C183C8D72926BB0BEF37D5>
- Olusegun, B. S. (2015). Constructivism learning theory: A paradigm for teaching and learning. *Journal of Research & Method in Education*, 5(6), 66-70. https://d1wgtxts1xzle7.cloudfront.net/54094559/Constructivism-libre.pdf?1502257409=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DConstructivism_Learning_Theory_A_Paradigm.pdf&Expires=1727302439&Signature=eRYjBKmYXjdZdH~xdE2A-FRyjaIE2xoFlswCfJouYY3WZNQZGG-fF1QYal49ia~gTUwZNUkFWc09zFRmRrF1-vtyL5fRxztfQZ7dRmpNHsl-Tu5k7xdWynE5cjsxY4CFj~k5-66vqSvoHwHLUoegmhcnzKBygS8AiZfzAB5vcvjz43crFOtPO87eW9MNBG~xn2ViWPP8WrmRxK8hhPZY2f3wpoyx5b9s1lyVDcgsPUk17xkOqAFhcoeN76ltkt7Y

[npP~iGpKKXXenxlgLLil7vT9QfopXQcolKuHL2tu6EcgtTx8ETGLqfhoh5IhzSf9KL
Kw08fGbL2xyEgdIp-A &Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://doi.org/10.1007/s11251-012-9245-2)

- Olympiou, G., Zacharias, Z., & deJong, T. (2013). Making the invisible visible: Enhancing students' conceptual understanding by introducing representations of abstract objects in a simulation. *Instructional Science*, 41(3), 575-596. <https://doi.org/10.1007/s11251-012-9245-2>
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen, S. A. N., Kamp, E. T., Manoli, C. C., Zacharia, Z. C., & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14(2015), 47-61. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>
- Putu, V. N. N. S., & Hikmawati, H. (2021). Analysis of students' critical thinking improvement in teaching inquiry with cognitive conflict strategies. *Prisma Sains: Jurnal Pengkajian Ilmu dan Pembelajaran Matematika dan IPA IKIP Mataram*, 9(1), 122-126. <https://doi.org/10.33394/j-ps.v9i1.3999>
- Reen, F. J., Jump, O., McEvoy, G., McSharry, B. P., Morgan, J., Murphy, D., O'Leary, N., O'Mahony, B., Scallan, M., Walsh, C., & Supple, B. (2022). Developing student codesigned immersive virtual reality simulations for teaching of challenging concepts in molecular and cellular biology. *FEMS Microbiology Letters*, 369(1), 1-8. <https://doi.org/10.1093/femsle/fnac051>
- Riga, F., Winterbottom, M., Harris, E., & Newby, L. (2017). Inquiry-based science education. In K. S. Taber & B. Akpan (Eds.), *Science education: An international course companion* (pp. 247-261). Sense Publishers. https://doi.org/10.1007/978-94-6300-749-8_19
- Rios, J. A., Ling, G., Pugh, R., Becker, D., & Bacall, A. (2020). Identifying critical 21st-century skills for workplace success: A content analysis of job advertisements. *Educational Researcher*, 49(2), 80-89. <https://doi.org/10.3102/0013189X19890600>
- Roth, W. M., & Lee, S. (2004). Science education as/for participation in the community. *Science education*, 88(2), 263-291. <https://doi.org/10.1002/sce.10113>
- Rowan, L., Bourke, T., L'Estrange, L., Lunn Brownlee, J., Ryan, M., Walker, S., & Churchward, P. (2021). How does initial teacher education research frame the challenge of preparing future teachers for student diversity in schools? A

systematic review of literature. *Review of Educational Research*, 91(1), 112-158.
<https://doi.org/10.3102/0034654320979171>

- Ruiz-Primo, M. A., Schultz, S. E., Li, M., & Shavelson, R. J. (2001). Comparison of the reliability and validity of scores from two concept-mapping techniques. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 38(2), 260-278. [https://doi.org/10.1002/1098-2736\(200102\)38:2%3C260::AID-TEA1005%3E3.0.CO;2-F](https://doi.org/10.1002/1098-2736(200102)38:2%3C260::AID-TEA1005%3E3.0.CO;2-F)
- Sellers, M. (2017). *Reflective practice for teachers* (2nd ed.). SAGE Publications.
- Silva, E. (2009). Measuring skills for 21st-century Learning. *Phi Delta Kappan*, 90(9), 630-634. <https://doi.org/10.1177/003172170909000905>
- Srisawasdi, N., & Panjaburee, P. (2015). Exploring effectiveness of simulation-based inquiry learning in science with integration of formative assessment. *Journal of Computers in Education*, 2(3), 323-352. <https://doi.org/10.1007/s40692-015-0037-y>
- Tzovla, E., & Kedraka, K. (2020). Teaching biology in primary education. *International Journal of Educational Technology and Learning*, 8(2), 91-97. <https://doi.org/10.20448/2003.82.91.97>
- Vasconcelos, C., & Almeida, A. (2012). *Aprendizagem baseada na resolução de problemas no ensino das ciências: propostas de trabalho para ciências naturais, biologia e geologia*. Porto Editora.
- Vasconcelos, C., & Pinto, T. (2023). Nature-Based Solutions and the Decline of Pollution: Solving Problems to Learn Sustainable Development Goals. *Education Sciences*, 13(11), 1135–1135. <https://doi.org/10.3390/educsci13111135>
- Vasconcelos, C., Ferreira, F., Rolo, A., Moreira, B., & Melo, M. (2019). Improved concept map-based teaching to promote a holistic earth system view. *Geosciences*, 10(1), 8. <https://doi.org/10.3390/geosciences10010008>
- Vorholzer, A., & von Aufschnaiter, C. (2019). Guidance in inquiry-based instruction- An attempt to disentangle a manifold construct. *International Journal of Science Education*, 41, 1562-1577. <https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1616124>
- Wang, H.-S., Chen, S., & Yen, M.-H. (2021). Effects of metacognitive scaffolding on students' performance and confidence judgments in simulation-based inquiry.

Physical Review Physics Education Research, 17(2).
<https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.17.020108>

Yin, Y., Vanides, J., Ruiz-Primo, M. A., Ayala, C. C., & Shavelson, R. J. (2005). Comparison of two concept-mapping techniques: Implications for scoring, interpretation, and use. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(2), 166–184. <https://doi.org/10.1002/tea.20049>

Zion, M., & Mendelovici, R. (2012). Moving from structured to open inquiry: Challenges and limits. *Science education international*, 23(4), 383-399. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1001631>

Apêndices

Apêndice 1. Planificação do PI

Planificação Global de Intervenção				
Professor:	Helena Pires	N.º de Aulas:	5	Duração: 450 minutos
Organizador:	Obtenção de matéria			
Finalidade:	Desenvolver competências investigativas nos alunos e promover a compreensão do transporte transmembranar com recurso a simuladores virtuais e desenvolver trabalho colaborativo e de pesquisa, integrando a História da Ciência.			
Aprendizagens Essenciais Transversais:	• Pesquisar e sistematizar informações, integrando saberes prévios, para construir novos conhecimentos; • Explorar acontecimentos, atuais ou históricos, que documentem a natureza do conhecimento científico; • Articular conhecimentos de diferentes disciplinas para aprofundar tópicos de Biologia e de Geologia.			
Aprendizagens Essenciais:	• Interpretar o modelo de membrana celular (mosaico fluido) com base na organização e características das biomoléculas constituintes; • Relacionar processos transmembranares (ativos e passivos) com requisitos de obtenção de matéria e de integridade celular; • Planificar e realizar atividades laboratoriais/ experimentais sobre difusão/ osmose, problematizando, formulando hipóteses e avaliando criticamente procedimentos e resultados; • Integrar processos transmembranares e funções de organelos celulares (retículo endoplasmático, complexo de Golgi, lisossoma, vacúolo digestivo) para explicar processos fisiológicos;			
Conceitos:	Membrana celular, fosfolípidos, gradiente de concentração, transporte transmembranar.			

Aula	Duração (min.)	Procedimento	Avaliação
1	100	Introdução teórica – membrana celular; Trabalho de grupo – história evolutiva dos modelos da membrana celular.	Grelha de Observação Individual Grelha de Avaliação do Trabalho de Grupo
2	100	Apresentação dos trabalhos de grupo; Processos de transporte transmembranar (osmose, difusão simples e difusão facilitada).	Grelha de Observação Individual Grelha de Avaliação do Trabalho de Grupo
3	150	Processos de transporte transmembranar (transporte ativo, endocitose e exocitoses); Elaboração da ficha de trabalho (antes da exploração dos simuladores).	Grelha de Observação Individual Ficha de trabalho

		Exploração dos simuladores.	
4	50	Revisão e esclarecimento de dúvidas alusivo à matéria lecionada. Resposta ao <i>snapshot</i> .	
5	50	Realização da ficha de trabalho (posterior à exploração dos simuladores). Elaboração de um mapa de conceitos. Correção da ficha de trabalho em conjunto. Projeção do mapa de conceitos de referência pela professora-investigadora. Diálogo com a turma.	Ficha de trabalho Mapa de Conceitos Grelha de Observação Individual

Planificação 1.ª Aula de Intervenção

Professor:	Helena Pires	Aula N.º:	1	Duração:	100 minutos	Data:	Março
Sumário:	Introdução teórica sobre a membrana celular e respetivos constituintes. Elaboração de um trabalho de grupo alusivo à história da evolução dos modelos da membrana celular.						

Fase do Procedimento	Duração (min.)	Desenvolvimento da aula	Estratégia	Recursos Didáticos
Introdução teórica	50	- Estrutura da membrana celular; - Caracterização e organização dos constituintes da membrana celular.	Exposição e discussão	Documento PowerPoint.
Elaboração do trabalho de grupo	50	- Divisão da turma em 5 grupos com igual n.º de elementos; - Breve explicação dos tópicos orientadores do trabalho de grupo e dos critérios de avaliação; - Elaboração de um trabalho alusivo à evolução dos modelos da membrana celular pelos grupos de trabalho.	Trabalho de grupo	

Planificação 2.ª Aula de Intervenção						
Professor:	Helena Pires	Aula N.º:	2	Duração:	100 minutos	Data: Março
Sumário:	Apresentação dos trabalhos à turma e discussão sobre os mesmos. Introdução teórica ao transporte transmembranar.					

Fase do Procedimento	Duração (min.)	Desenvolvimento da aula	Estratégia	Recursos Didáticos
Apresentação dos trabalhos de grupo	50	• Apresentação dos trabalhos à turma; • Discussão e resposta às questões da turma.	Testagem e discussão	_____
Introdução teórica	50	• Explicação da permeabilidade seletiva da membrana celular; • Introdução do conceito “gradiente de concentração”; • Especificação de osmose, difusão simples e difusão facilitada.	Exposição e discussão	Documento PowerPoint

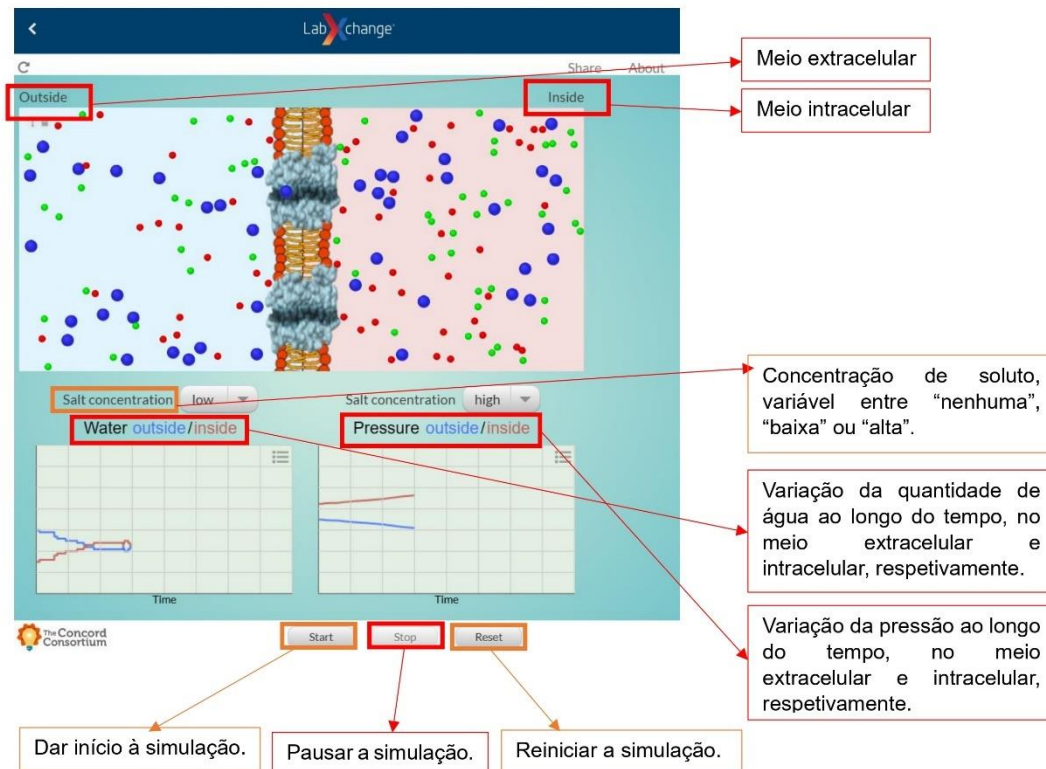
Planificação 3.ª Aula de Intervenção						
Professor:	Helena Pires	Aula N.º:	3	Duração:	150 minutos	Data: Março
Sumário:	Transporte transmembranar. Realização de uma ficha de trabalho. Atividade prática: exploração de simuladores.					

Fase do Procedimento	Duração (min.)	Desenvolvimento da aula	Estratégia	Recursos Didáticos
Introdução teórica	25	• Caracterização de transporte ativo, endocitose e exocitose.	Exposição e discussão	Documento PowerPoint
Realização de uma ficha de trabalho	25	• Realização de uma ficha de trabalho individual (previamente à exploração dos simuladores).	Testagem	Ficha de trabalho
		• Distribuição de um guia com a legenda e		

Fase do Procedimento	Duração (min.)	Desenvolvimento da aula	Estratégia	Recursos Didáticos
Realização de uma ficha de trabalho	20	Realização de uma ficha de trabalho (após a exploração dos simuladores).	Testagem	Ficha de trabalho Mapa de conceitos
Elaboração de um mapa de conceitos	20	Elaboração de um mapa de conceitos individual.	Testagem	
Projeção da ficha de trabalho e do mapa de conceitos	10	- Correção da ficha de trabalho. - Projeção do mapa de conceitos de referência. - Diálogo em conjunto grupo-turma. - Diálogo com a turma e esclarecimento de dúvidas.	Discussão Exposição	

Apêndice 2. Documentos explicativos dos simuladores

Funcionalidades do simulador virtual “Osmose, equilíbrio e pressão osmótica”



Funcionalidades do simulador virtual “Transporte Membranar”

The screenshot shows the 'Membrane Transport Simulation' interface. The main area displays a cell membrane with various transporters and molecules (red and blue dots) moving across it. The interface is divided into several sections:

- Top Left:** A text box explaining the simulation's purpose and an 'Accept challenge' button.
- Top Right:** A 'Reset' button and a dropdown menu to select the number of total molecules (0, 50, 100, 200, 500).
- Middle Right:** Controls for 'Temperature' (a slider) and 'Molecule size (Permeability)' (radio buttons for small and large molecules).
- Bottom Right:** Controls for '+/- Molecules' (sliders for red and blue molecules) and 'Uniporters (active transport)' (sliders for red and blue molecules).
- Bottom:** A summary table showing the count of molecules in different regions.

Annotations point to specific features:

- Meio extracelular:** Points to the extracellular space.
- Quantidade total de moléculas:** Points to the 'Reset' dropdown menu.
- Variação da temperatura:** Points to the 'Temperature' slider.
- Variação do tamanho das moléculas (permeabilidade):** Points to the 'Molecule size (Permeability)' radio buttons.
- Variação da razão de moléculas:** Points to the '+/- Molecules' sliders.
- Adição/remoção de mediadores:** Points to the 'Uniporters (active transport)' sliders.
- Meio intracelular:** Points to the intracellular space.
- Quantidade de moléculas no meio extracelular, intracelular e na região intramembranar, respetivamente:** Points to the summary table at the bottom.

Region	Red	Blue
Extracellular	15	12
Intracellular	9	12
Intramembrane	1	1

Apêndice 3. Grelha de Observação Individual

Grelha de Observação Individual						
Nº	Nome	Participação	Empenho	Comportamento	Responsabilidade	Autonomia
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						

Critérios	Níveis de desempenho	
Participação	1	O aluno não participa na realização das tarefas propostas.
	2	O aluno participa algumas vezes na realização das tarefas propostas e apenas quando solicitado.
	3	O aluno participa na realização das tarefas propostas de forma voluntária.
Empenho	1	O aluno não demonstra empenho nem iniciativa na realização das tarefas/atividades propostas.
	2	O aluno demonstra algumas vezes empenho ou iniciativa na realização das tarefas/ atividades propostas.
	3	O aluno demonstra empenho e iniciativa na realização das tarefas/ atividades propostas.
Comportamento	1	O aluno não exhibe comportamento adequado ao ambiente de sala de aula.
	2	O aluno exhibe algumas vezes comportamento adequado ao ambiente de sala de aula.
	3	O aluno exhibe sempre comportamento adequado ao ambiente de sala de aula.
Responsabilidade	1	O aluno não é responsável (pontual, assíduo, traz o material necessário à aula, ...).

	2	O aluno é algumas vezes responsável (pontual, assíduo, traz o material necessário à aula, ...).
	3	O aluno é responsável (pontual, assíduo, traz o material necessário à aula, ...).
Autonomia	1	O aluno não demonstra autonomia na realização das tarefas propostas.
	2	O aluno demonstra algumas vezes autonomia na realização das tarefas propostas.
	3	O aluno demonstra autonomia na realização das tarefas propostas.

Apêndice 4. Ficha de trabalho

Biologia e Geologia 2023/2024

Ficha de trabalho: Membrana Celular e Transporte Transmembranar

Nome: _____ Nº: _____

Na resposta aos itens de 1. a 10., seleciona a opção que permite obter uma afirmação correta.

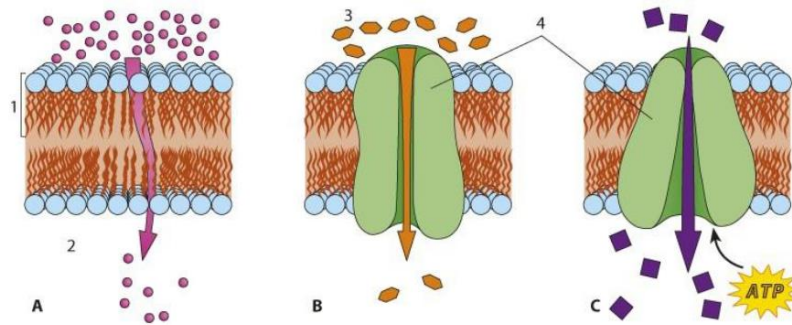
1. O constituinte das células que mantém a integridade da célula e constitui uma fronteira com o meio envolvente é
(A) membrana celular.
(B) núcleo.
(C) citoplasma.
(D) complexo de Golgi.
2. Os cientistas responsáveis pelo modelo de mosaico fluido foram
(A) Singer e Danielli.
(B) Singer e Nicholson.
(C) Davson e Danielli.
(D) Davson e Nicholson.
3. O movimento da água através de uma membrana semipermeável designa-se por
(A) permeabilidade osmótica.
(B) transporte ativo.
(C) osmose.
(D) exocitose.
4. O movimento transmembranar que ocorre sem mobilização de energia pela célula designa-se
(A) transporte passivo.
(B) transporte ativo.
(C) exocitose.
(D) endocitose.

5. Nas algas unicelulares de água doce, a pressão osmótica intracelular, relativamente à pressão osmótica extracelular, é _____, podendo ocorrer _____ por osmose.
- (A) menor... a saída de água
 - (B) menor... a entrada de água
 - (C) maior... a saída de água
 - (D) maior... a entrada de água
6. O transporte ativo
- (A) anula o gradiente de concentraçãO e requer ATP.
 - (B) ocorre do meio hipotónico para o meio hipertónico e requer ATP.
 - (C) ocorre do meio hipertónico para o meio hipotónico e requer ATP.
 - (D) anula o gradiente de concentraçãO e não requer ATP.
7. De acordo com o modelo do mosaico fluido
- (A) as proteínas revestem apenas a face interior das membranas celulares.
 - (B) na membrana celular, os fosfolípidos apresentam a parte hidrofóbica orientada para o interior e exterior da célula.
 - (C) as proteínas revestem apenas a face exterior da célula.
 - (D) na membrana celular, os fosfolípidos apresentam a parte hidrofílica orientada para o interior e exterior da célula.
8. Analise as afirmações seguintes e selecione a opção que as avalia corretamente.
- I. A difusão facilitada e o transporte ativo são transportes mediados.
 - II. O transporte ativo e a difusão facilitada são transportes com consumo de ATP.
 - III. A difusão simples é um transporte que contribui para a diminuiçãO de um gradiente de concentrações.
- (A) I e III são verdadeiras; II é falsa.
 - (B) III é verdadeira; I e II são falsas.
 - (C) I e II são verdadeiras; III é falsa.
 - (D) I é verdadeira; II e III são falsas.

9. Gases como o oxigénio, por serem moléculas pequenas e _____, atravessam as membranas celulares por difusão _____.

- (A) polares (...) facilitada.
- (B) polares (...) simples.
- (C) apolares (...) facilitada.
- (D) apolares (...) simples.

10. Os esquemas A e B representam, respetivamente,



- (A) difusão simples e difusão facilitada.
- (B) difusão simples e transporte ativo.
- (C) osmose e difusão simples.
- (D) osmose e transporte ativo.

Apêndice 5. Mapa de Conceitos

Biologia e Geologia 2023/2024

Mapa de conceitos: Membrana Celular e Transporte Transmembranar

Nome: _____ Nº: _____

1. Elabora um mapa de conceitos sobre a Membrana Celular, tendo em consideração os seus constituintes bem como os processos transmembranares associados. **Utiliza os seguintes conceitos** e outros que consideres necessários:
 - I. **Natureza anfipática;**
 - II. **Gasto de ATP;**
 - III. **Aquaporina;**
 - IV. **Fagocitose;**
 - V. **Exocitose.**

Apêndice 6. *Snapshot*



Snapshot: Exploração de Simuladores

no âmbito da temática da Membrana Celular

Responde ao seguinte *snapshot* sobre a Exploração de Simuladores no âmbito da temática da Membrana Celular, de notar que: **1** – Nunca; **2** – Raramente; **3** – Às vezes; **4** – Frequentemente; **5** – Sempre.

É garantida a absoluta confidencialidade e anonimato dos dados obtidos, que serão utilizados para a realização do Projeto de Investigação da Iniciação à Prática Profissional. A tua colaboração é essencial para o desenvolvimento deste trabalho, pelo que, te pedimos a maior sinceridade nas respostas.

Agradecemos desde já a tua disponibilidade e colaboração.

Questões	1	2	3	4	5
Consideraste útil explorar simuladores para a tua aprendizagem sobre a Membrana Celular?					
Os simuladores ajudaram-te a compreender os processos de transporte transmembranar?					
Tiveste dificuldade em explorar os simuladores?					
Consideras que a aula prática te motivou a estares mais atento/a?					
Sentiste que tiveste um papel ativo na tua aprendizagem?					

A aula prática em que exploraste os simuladores auxiliou-te no processo de aprendizagem de conteúdos relacionados com a Membrana Celular? Justifica.

Apêndice 7. Documento *PowerPoint*

Membrana Celular e Transportes Transmembranares

Biologia e Geologia 10º ano

Modelo do Mosaico Fluido

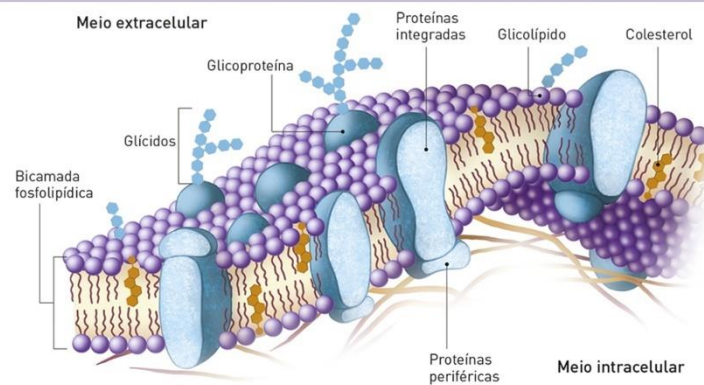


Figura 1 - Representação Esquemática da membrana celular.

Constituintes da Membrana Celular

Fosfolípidos

Natureza anfipática: região polar + região apolar

Proteínas

Periféricas (= extrínsecas) ou Integradas (= intrínsecas)

Transmembranares - se atravessarem a bicamada fosfolipídica

Colesterol

Afeta a fluidez

Glicídios

Glicoproteínas ou Glicolípidos

Movimentos dos fosfolípidos

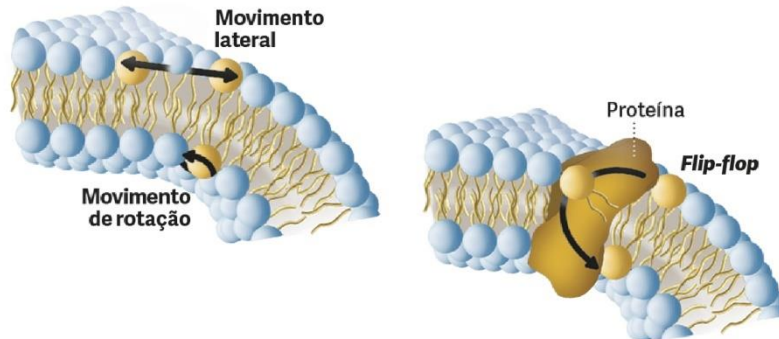


Figura 2 - Movimentos dos fosfolípidos da membrana celular.

Osmose

Processo Passivo

Difusão de água

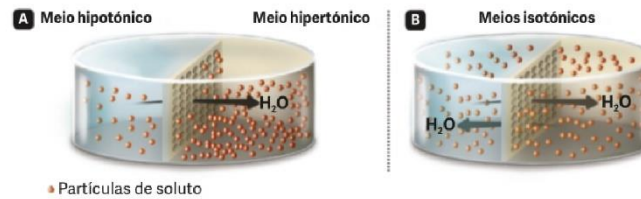


Figura 3 - Movimento da água através de uma membrana semipermeável. A - Meios com diferentes concentrações. B - Meios com concentração idêntica.

Pressão Osmótica

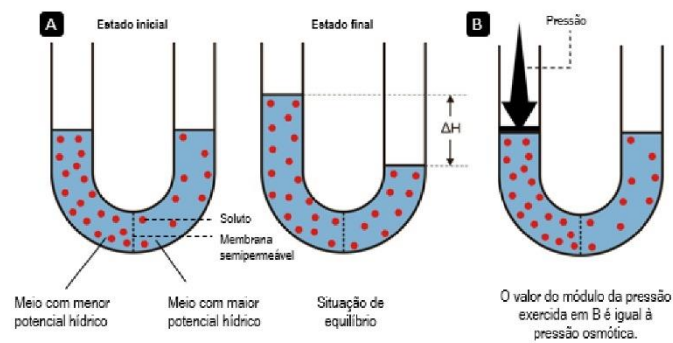
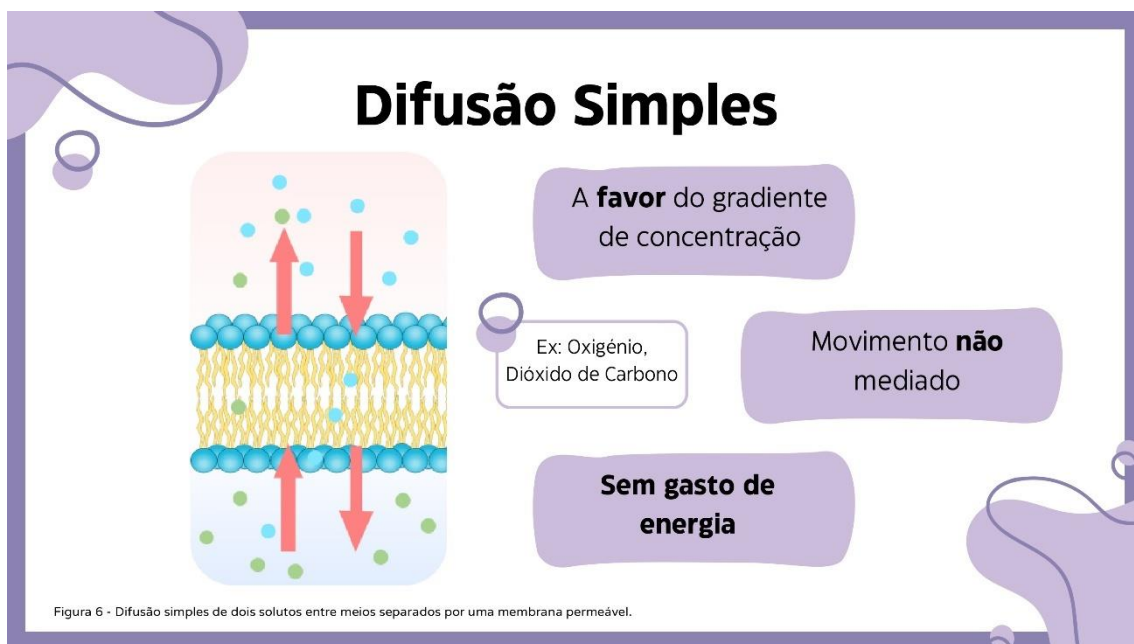
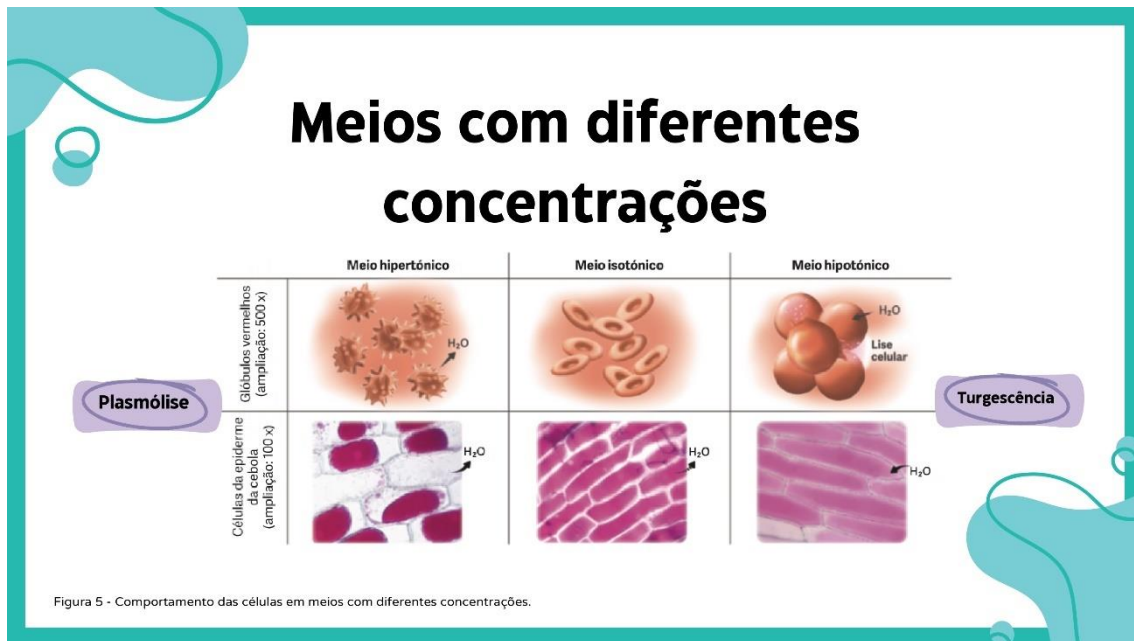
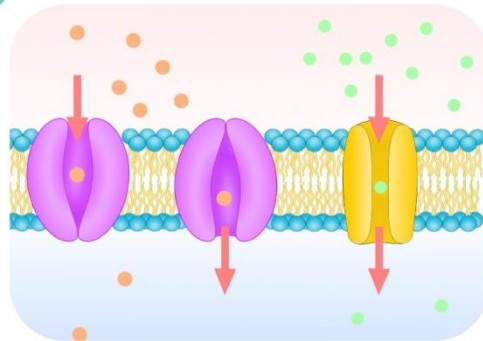


Figura 4 - Medição da pressão osmótica num tubo em U.



Difusão Facilitada



A **favor** do gradiente de concentração

Ex: Moléculas polares, iões e água

Mediado por permeases, canais iónicos e aquaporinas

Sem gasto de energia

Figura 7 - Difusão facilitada.

PASSIVE TRANSPORT

© 2016 Nucleus Medical Media. All Rights Reserved.

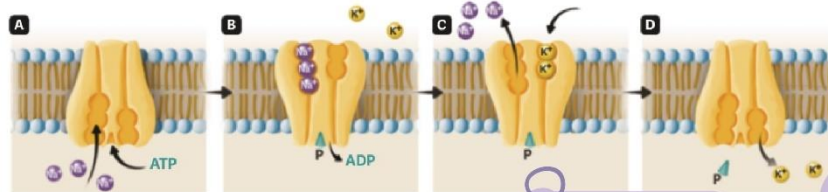
<https://youtu.be/-ZwXUrZaID0?si=efSd2c9gekeJNSDk>

Transporte Ativo

Contra o gradiente de concentração

Mediado por **ATPases**

Ocorre **gasto de energia**

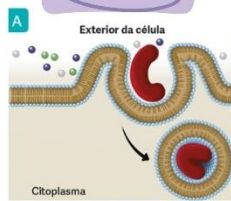


Ex: Bomba de sódio e potássio

Figura 8 - Transporte ativo, esquema de funcionamento da bomba de sódio e potássio.

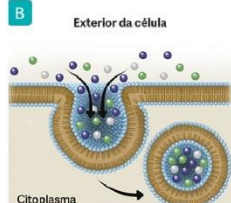
Endocitose

Fagocitose



Transferência de macromoléculas **sólidas** para o **interior** da célula

Ex: Glóbulos brancos



Transferência de **fluidos** para o interior da célula

Formação de **vesículas** pela membrana

Ex: Absorção de gordura no intestino

Pinocitose

Figura 9 - Endocitose. A- Fagocitose. B- Pinocitose.

Exocitose

Transferência
macromoléculas para o
exterior da célula

Fusão de **vesículas**
com a membrana
celular

Ex: Proteínas

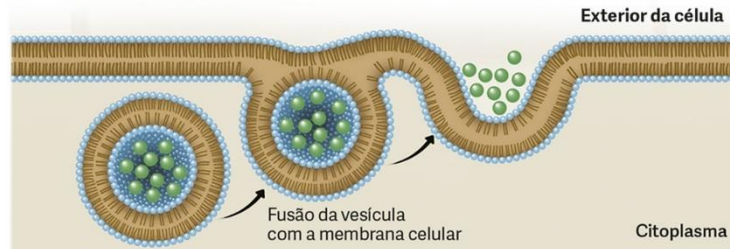


Figura 10 - Exocitose.

ACTIVE TRANSPORT

© 2016 Nucleus Medical Media. All Rights Reserved.

https://youtu.be/5asMngTQqxQ?si=p2umztu_VrkJMaEi

Apêndice 8. Critérios de correção da ficha de trabalho

Ano Letivo 2023/2024

Ensino Básico | 10.º ano | Biologia e Geologia

Ficha de trabalho: Membrana Celular e Transporte Transmembranar – Critérios de Classificação

CRITÉRIOS ESPECÍFICOS DE CLASSIFICAÇÃO

1. a 10. (10 x 10 pontos) 100 pontos

Ítems	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Chave	A	B	C	A	D	B	D	A	D	A

Apêndice 9. Critérios de correção do mapa de conceitos

Critérios de correção – Mapa de Conceitos					
	Excelente	Bom	Suficiente	Insuficiente	Não Satisfaz
Conceitos	Mobilização de todos os conceitos exigidos e acréscimo de novos conceitos pertinentes.	Mobilização de todos os conceitos exigidos.	Mobilização de mais de metade dos conceitos exigidos e acréscimo de novos conceitos pertinentes.	Mobilização de mais de metade dos conceitos exigidos.	Mobilização de menos de metade dos conceitos exigidos.
Hierarquia	Elementos bem hierarquizados e todas as conexões bem estabelecidas.	Elementos bem hierarquizados e algumas conexões bem estabelecidas.	Elementos bem hierarquizados, mas conexões não estabelecidas corretamente.	Alguma hierarquia entre elementos, mas conexões não estabelecidas corretamente.	Elementos e conexões não hierarquizados nem conexões bem estabelecidas.
Estrutura	Mapa de conceitos bem estruturado, evidenciando todas as relações entre os conceitos.	Mapa de conceitos bem estruturado, evidenciando apenas as relações entre alguns conceitos principais.	Mapa de conceitos evidencia algumas relações entre os conceitos, mas não relaciona os principais.	Mapa de conceitos claro, mas evidencia poucas relações entre os conceitos, não relacionando os principais.	Mapa de conceitos não claro e/ou não evidencia relações entre grande parte dos conceitos.
Domínio Científico	Evidencia um bom conhecimento do tópico e não apresenta erros e/ou conceções alternativas.	Evidencia um bom conhecimento do tópico e apresenta poucos erros e/ou conceções alternativas.	Evidencia um conhecimento adequado do tópico, mas apresenta alguns erros e/ou conceções alternativas.	Evidencia um conhecimento básico do tópico, mas apresenta vários erros e/ou conceções alternativas.	Evidencia um conhecimento não adequado do tópico.

Apêndice 10. Consentimento informado



CONSENTIMENTO INFORMADO – O ensino orientado para a aprendizagem por investigação na temática do 10.º ano, membrana celular: exploração de simuladores

Consentimento informado

Durante o ano letivo 2023/2024, no âmbito de uma Investigação em Ensino de Ciências, serão aplicados mapas de conceitos, *snapshot* (anónimo e voluntário), grelhas de observação, grelhas de avaliação, fichas de trabalho e recolha documental, a alunos do 10.º Ano da Escola [REDACTED] no Porto, estando assegurados o anonimato e a confidencialidade (para o exterior da equipa de investigação) dos dados recolhidos. Relativamente aos *snapshots*, ressalva-se que estes são anónimos e a sua entrega voluntária, não sendo os alunos prejudicados se não os realizarem.

Agradecemos a colaboração do seu (sua) educando (a) e a sua pelo que solicitamos uma declaração de autorização para os devidos efeitos (ver abaixo p. f.).

Eu, _____,
encarregado (a) de educação do (a) aluno (a) _____ para os devidos e
legais efeitos, declaro autorizar, graciosamente, a participação do (a) meu (minha)
educando (a) em estudo da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, o que
inclui a resposta, de forma confidencial para o exterior da equipa de investigação, a
snapshots (anónimos), fichas de trabalho e mapas de conceitos.

Assinatura

Apêndice 11. Assentimento informado



ASSENTIMENTO INFORMADO – O ensino orientado para a aprendizagem por investigação na temática do 10.º ano, membrana celular: exploração de simuladores

Assentimento informado

Durante o ano letivo 2023/2024, no âmbito de uma Investigação em Ensino de Ciências, serão aplicados mapas de conceitos, *snapshot* (anónimo e voluntário), grelhas de observação, grelhas de avaliação, fichas de trabalho e recolha documental, a alunos do 10.º Ano da Escola [REDACTED] no Porto, estando assegurados o anonimato e a confidencialidade (para o exterior da equipa de investigação) dos dados recolhidos. Relativamente aos *snapshots*, ressalva-se que estes são anónimos e a sua entrega voluntária, desta forma, não serás prejudicado/a se não os realizares.

Agradecemos a tua colaboração!

Eu (aluno/a), _____ (Nome),
li, compreendo e aceito participar no estudo segundo as condições acima mencionadas.

Assinatura

Apêndice 12. Parecer da Comissão de Ética



Parecer

Ref.: Proc. CE2023/p119

Relativamente ao pedido de parecer requerido por Helena Gonçalves Soro Pires no âmbito do projeto intitulado “O ensino orientado para a aprendizagem por investigação na temática do 10.º ano, membrana celular: exploração de simuladores”, a Comissão de Ética nada tem a opor à realização desse projeto, uma vez que estão garantidos o anonimato e a confidencialidade dos dados recolhidos, o consentimento informado dos encarregados de educação/tutores responsáveis pelos alunos bem como o assentimento informado dos alunos participantes no referido projeto.

Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, 1 de fevereiro de 2024

O Presidente da Comissão de Ética

Assinado por: [assinatura]
Num. de identificação: [número]
Data: 2024.02.01 19:37:00

Apêndice 13. Resultados das grelhas de observação individual

Grelha de Observação Individual – Observador 1					
Nº	Participação	Empenho	Comportamento	Responsabilidade	Autonomia
1	2	2	3	3	3
2	3	3	3	3	3
3	2	2	2	3	3
4	1	1	1	2	1
5	2	2	2	3	3
6	2	3	3	3	3
7	2	3	3	3	3
8	2	3	2	3	3
9	2	2	2	2	2
10	2	3	3	3	3
11	3	3	3	3	3
12	3	3	3	3	3
13	2	2	2	3	3
14	2	3	3	3	3
15	2	3	3	3	3
16	2	2	2	2	3
17	2	2	3	3	3
18	3	3	3	3	3
19	2	2	3	3	3

Grelha de Observação Individual – Observador 2					
Nº	Participação	Empenho	Comportamento	Responsabilidade	Autonomia
1	2	3	3	3	2
2	3	3	3	3	3
3	2	2	2	2	2
4	1	1	1	1	1
5	2	3	3	3	2
6	2	3	3	3	2
7	2	3	3	3	3

8	2	3	3	3	2
9	2	2	2	3	2
10	2	3	3	3	2
11	3	3	3	3	2
12	3	3	3	3	2
13	2	3	3	3	3
14	2	3	3	3	3
15	2	3	3	3	3
16	2	2	2	3	2
17	1	2	2	3	2
18	3	3	2	3	3
19	2	3	3	3	2

Grelha de Observação Individual – Observador 3					
Nº	Participação	Empenho	Comportamento	Responsabilidade	Autonomia
1	2	2	3	2	2
2	3	3	3	3	3
3	3	2	2	2	2
4	1	1	1	1	1
5	3	3	3	2	2
6	3	3	3	2	2
7	3	3	3	3	3
8	3	3	3	3	3
9	3	2	2	2	2
10	3	3	3	3	2
11	3	3	3	3	3
12	3	3	3	3	3
13	3	3	3	3	3
14	3	3	3	3	3
15	3	3	3	3	3
16	2	1	2	2	2
17	2	2	2	2	2
18	3	3	3	3	3
19	3	3	3	3	2

Apêndice 14. Resultados da ficha de trabalho (pré-teste)

Resultados ficha de trabalho pré-teste											
Questão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Nº/Cotação	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	100
1	10	0	10	10	0	0	0	10	0	0	40
2	10	10	10	10	0	10	10	10	0	0	70
3	0	0	0	10	0	10	0	0	0	0	20
4	10	10	0	10	0	0	0	0	0	0	30
5	10	10	0	0	0	10	10	0	0	0	40
6	10	0	0	10	0	10	10	0	0	0	40
7	10	0	10	10	0	0	0	0	10	10	50
8	0	10	0	0	0	10	10	0	0	0	30
9	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0	20
10	0	10	10	0	0	0	0	0	0	0	20
11	0	0	10	0	10	10	0	0	0	0	30
12	0	0	0	10	0	10	0	0	0	0	20
13	10	10	10	10	0	10	0	10	10	10	80
14	10	0	0	10	10	0	0	0	0	0	30
15	0	10	10	10	0	10	0	0	10	0	50
16	10	10	10	10	0	10	10	10	0	10	80
17	10	10	10	10	0	10	10	0	10	0	70
18	10	10	10	10	0	10	0	0	0	10	60
19	10	0	10	0	10	10	0	10	0	0	50

Apêndice 15. Resultados da ficha de trabalho (pós-teste)

Resultados ficha de trabalho pós-teste											
Questão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Nº/Cotação	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	100
1	10	10	10	10	0	10	10	10	10	10	90
2	10	10	10	10	0	10	10	10	0	10	80
3	10	10	10	10	0	10	0	0	0	0	50
4	10	10	0	10	0	0	10	10	10	0	60
5	10	10	10	10	0	10	0	0	0	0	50
6	10	10	10	10	0	0	10	0	0	10	60
7	10	10	10	10	0	10	0	10	0	10	70
8	10	10	10	10	10	10	0	0	10	0	70
9	10	0	10	10	0	0	0	10	10	0	50
10	10	10	10	10	10	0	0	10	10	0	70
11	10	10	10	10	0	0	10	0	0	10	60
12	10	10	10	10	0	10	0	10	10	0	70
13	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	100
14	10	10	10	10	0	0	10	10	10	10	80
15	0	10	10	10	0	0	0	0	0	10	40
16	10	10	10	10	0	0	0	10	0	10	60
17	10	0	10	10	0	0	0	0	10	0	40
18	10	10	10	10	0	10	0	10	0	10	70
19	10	10	10	10	0	10	0	0	0	10	60

Apêndice 16. Resultados dos mapas de conceitos

Resultados mapas de conceitos				
Nº	Conceitos	Hierarquia	Estrutura	Domínio Científico
1	Suficiente	Bom	Excelente	Excelente
2	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
3	Bom	Excelente	Suficiente	Suficiente
4	Não Satisfaz	Não Satisfaz	Não Satisfaz	Não Satisfaz
5	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
6	Excelente	Excelente	Bom	Excelente
7	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
8	Suficiente	Excelente	Excelente	Excelente
9	Excelente	Bom	Bom	Bom
10	Suficiente	Excelente	Excelente	Suficiente
11	Suficiente	Excelente	Excelente	Excelente
12	Suficiente	Bom	Bom	Bom
13	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
14	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
15	Bom	Suficiente	Suficiente	Insuficiente
16	Não Satisfaz	Bom	Bom	Não Satisfaz
17	Não Satisfaz	Não Satisfaz	Insuficiente	Não Satisfaz
18	Excelente	Bom	Excelente	Bom
19	Suficiente	Excelente	Excelente	Bom

Apêndice 17. Dados recolhidos dos *snapshots*

Dados Snapshot					
Questão/Nível de resposta	1	2	3	4	5
Questão 1	0	0	1	6	12
Questão 2	0	0	1	9	9
Questão 3	8	6	5	0	0
Questão 4	0	0	2	8	9
Questão 5	0	0	0	7	12

A aula prática em que exploraste os simuladores auxiliou-te no processo de aprendizagem de conteúdos relacionados com a Membrana Celular?	Categoria	Código de participante
Sim, auxiliou no processo de aprendizagem. As aulas normalmente são teóricas, o que pode não cativar a atenção dos alunos. Porém, com o uso dos simuladores, foi possível, ao mesmo tempo, ensinar os conteúdos e, de certa forma, "brincar" com eles. Um aluno que não esteja cativado nunca irá aprender, por isso, os simuladores cativarem a atenção dos estudantes facilita a aprendizagem dos conteúdos.	C2	A1
Com o auxílio dos simuladores consegui compreender melhor os processos de transporte transmembranar. Achei que os simuladores eram um pouco confusos no início, mas, com a ajuda da professora, consegui entender como os usar e assim consegui explorá-los sozinha. Para auxiliar, a professora também deu uns guias explicativos que contribuíram muito para a minha compreensão.	C3	A2
Sim, ajudou. De início tive dúvidas ao perceber o simulador, mas quando a professora explicou tornou-se mais compreensível e consegui entender melhor. Sem dúvida, ajudou-me.	C3	A3

Ajudou porque foi uma forma diferente de aprender. No início a plataforma era complicada devido à matéria, mas devido aos métodos que foram utilizados facilitaram a aprendizagem.	C3	A4
Ajudou-me a perceber como ocorre a osmose, a difusão facilitada, a difusão simples, a endocitose e a exocitose. No início tive algumas dificuldades em entender em si, como os simuladores funcionavam, mas quando a professora nos explicou, ficou muito claro. Porque a professora explicou de um modo calmo e foi uma explicação muito produtiva.	C3	A5
A aula prática ajudou-me, pois devido a exploração destes simuladores consegui compreender melhor os processos da membrana celular.	C1	A6
Os simuladores, a meu ver, foram bastante eficazes no processo de entendimento, sendo que, ao contrário dos vídeos e imagens, o simulador é interativo e obriga de uma forma educativa o aluno a perceber a matéria com que está a interagir.	C4	A7
Sim, pois inicialmente nas aulas anteriores, os conteúdos relacionados com a Membrana Celular eram um bocado confusos, mas depois da aula prática em que explorei os simuladores esses conteúdos tornaram-se mais claros e tive uma maior facilidade em percebê-los depois	C1	A8
Sim, porque sou um aprendiz visual, por isso ver, por exemplo, a osmose, foi muito útil para visualizar o processo.	C5	A9
Sim, os simuladores são um pouco complexos, mas com a explicação foi fácil entender e ajudou a exemplificar a matéria de forma a entender melhor os conteúdos relacionados com a membrana celular.	C3	A10
Sim, eu sinto que os simuladores ajudou-me, porque a aula foi mais prática e interativa o que me fez explorar o assunto mais profundamente, também me senti mais atenta e interessada na matéria.	C4	A11

A aula prática ajudou-me a ficar a saber mais sobre o que era aquaporina, do meio hipertónico para o meio hipotónico, portanto sim ajudou muito.	C1	A12
Ao recorrer ao simulador para aprender, a aula acaba por fluir melhor é só uma maneira diferente e cativante de ensinar que foge dos meios comuns, juntando com a parte prática de mexer com o simulador a aprendizagem acaba por ser mais divertida e fácil.	C2	A13
Os simuladores auxiliaram-me a compreender melhor como funcionam os transportes transmembranares, como por exemplo a osmose e a difusão facilitada.	C1	A14
Sim, porque consegui perceber e entender muito melhor os processos de transporte transmembranares com os mediadores.	C1	A15
Sim, a aula com os simuladores ajudou muito, pois conseguimos visualizar tudo o que estávamos a estudar e esclareceu muito. Ajudou-me também a conectar toda a matéria dada, o que facilitou o estudo.	C5	A16
Na minha opinião eu gostei de explorar os simuladores e gosto de pôr as mãos à obra em vez de ser só teórico gosto de variar e experimentar colocar à prova a minha aprendizagem.	C4	A17
Sim, através dos simuladores ajudaram-me a compreender melhor os processos passivos ex: difusão simples, consegui perceber se era um transporte a favor do gradiente ou contra o gradiente. Para além disso, percebi melhor a quantidade de soluto e de solvente que há tanto no meio hipertónico e no meio hipotónico. Foi uma atividade interessante!	C2	A18
Sim, porque acho que foi mais fácil de perceber com os simuladores, porque podia observar e fazer eu as coisas, colocar as opções e isso ajudou-me.	C5	A19